

## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN**

### **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

## **APLICACIÓN PRÁCTICA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN Y MONITOREO PARA EL CONTROL DE RIESGO DE COMPORTAMIENTOS EN TALUDES DE CORREDORES VIALES**

**TUTOR:**

ING. BYRON OMAR MORALES MUÑOZ

**AUTORES:**

CASA CENTENO CRISTIAN ALEXANDER  
CAPT. CHUQUÍN QUITO HOLGER ROBINSON  
JAQUE INTRIAGO PAMELA BEATRIZ  
MONTAQUIZA PANCHI GABRIEL SEBASTIAN  
SANCHEZ BARROSO GUSTAVO MIGUEL  
VELIZ OÑA JERSON ALEJANDRO

# 1.- GENERALIDADES

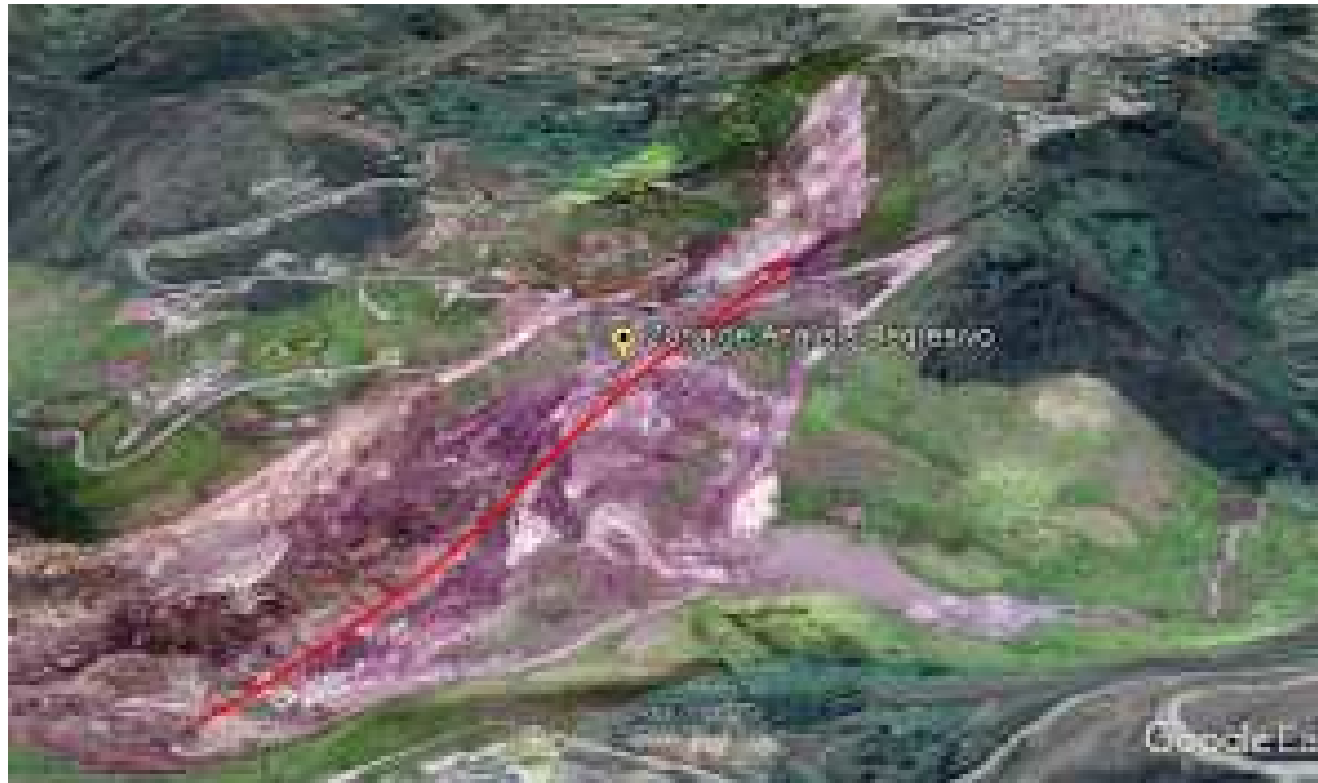


**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## 2.- ANTECEDENTES



Deslizamiento en CHUNCHI

Topografía abrupta  
Infiltración de agua

Saturación del suelo  
Disminución resistencia  
Problemas de estabilidad

Inclinación de árboles  
Grietas  
Escarpes



# 3.- MARCO TEÓRICO

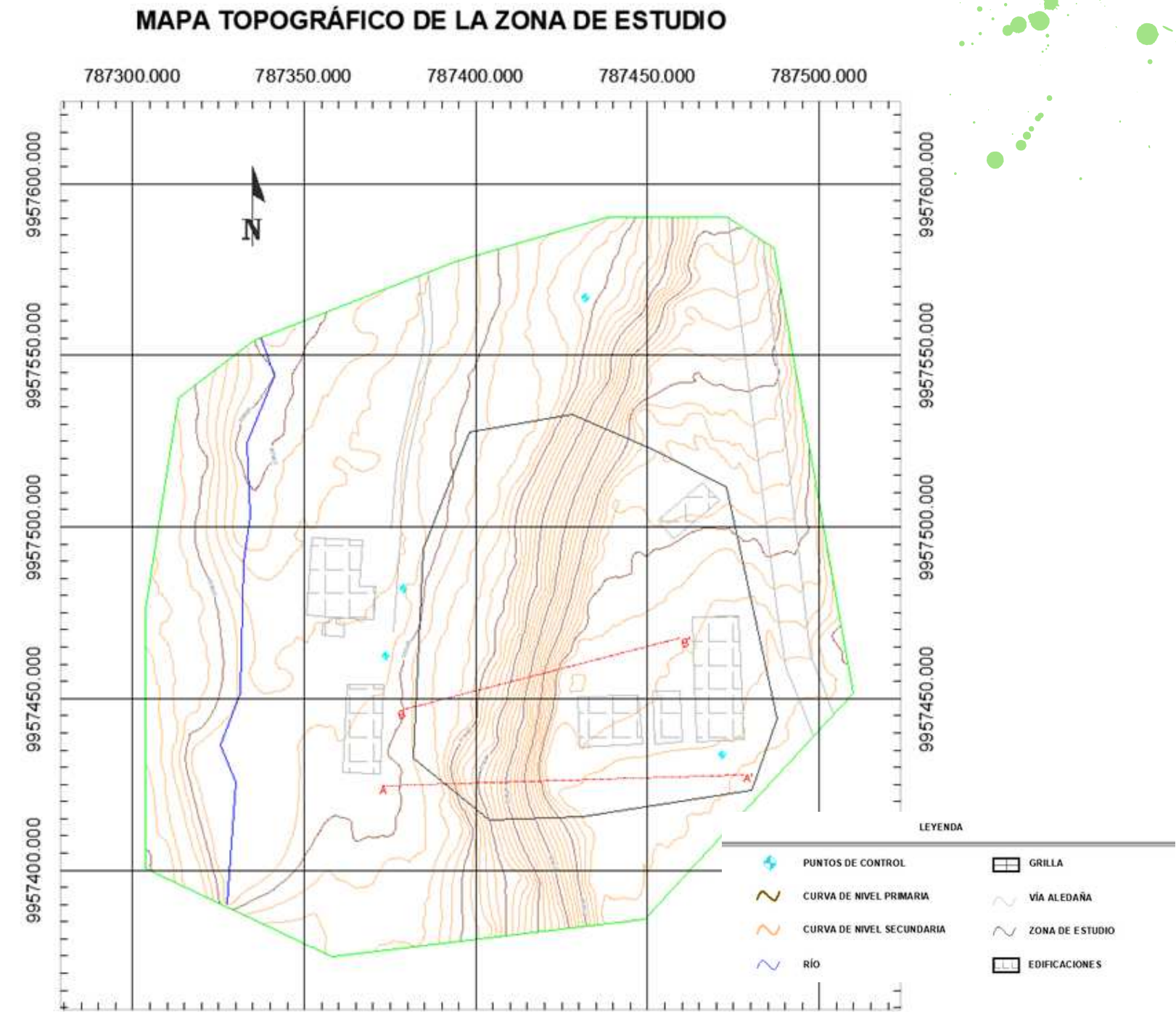
*Levantamiento de las coondiciones existentes del talud, mediante tecnología UAV/UAS.*



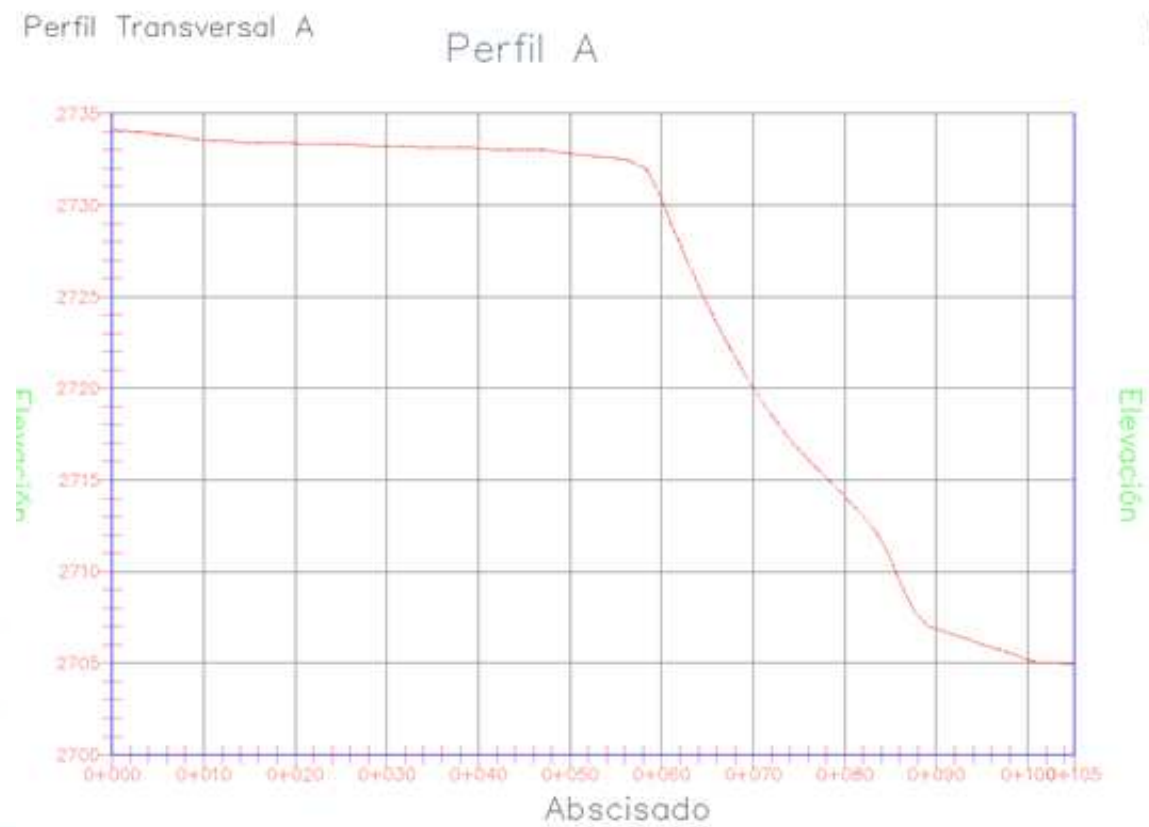
Topografía.



Planimetría



Altimetría



# Análisis y evaluación de la geomorfología y geología del talud



## GEOLOGÍA

Depósitos de sedimentos  
Cenizas volcánicas  
Cangahuas



## GEOMORFOLOGÍA

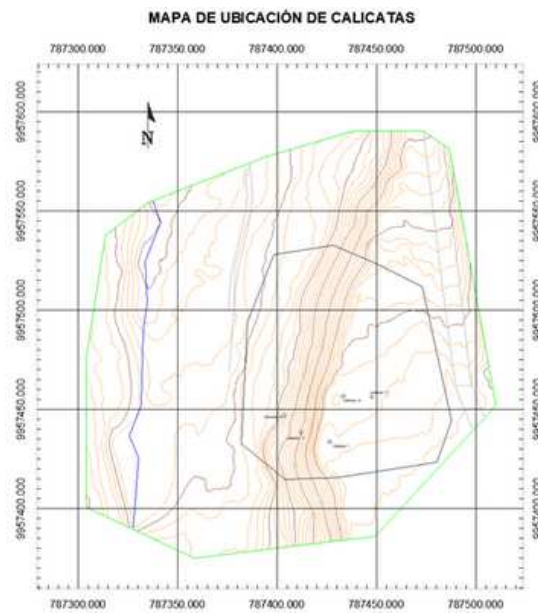
Flujos de lava  
Flancos de la vertiente del volcán  
Poco relieve  
Llano  
Quebradas



# Recuperación de muestras de suelos, mediante ensayos destructivos y no destructivos en situ.



## Clasificación SUCS



UBICACIÓN	COORDENADAS UTM	SONDEO	PROFUNDIDAD	%w	LL	LP	IP	CLASIFICACIÓN SUCS
Cabeza de talud	9957433,569 S; 787426,415 W	Muestra 1	1,00 m	50,28	23	22,01	0,98	ML
	9957428,382 S; 787430,836 W	Muestra 2	1,00 m	45,18	39,2	37,6	1,6	ML
	9957456,504 S; 787433,420 W	Muestra 3	1,00 m	50,28	23	22,01	0,98	ML
	9957446,428 S; 787426,567 W	Muestra 4	1,00 m	45,71	39,2	37,6	1,6	ML
	9957456,122 S; 787447,492 W	Muestra 5	1,00 m	45,64	44,99	35,44	9,55	ML
Cuerpo del talud	9957438,102 S; 787422,428 W	Muestra 6	Superficial	48,59	62	46,82	23,68	MH
	9957446,600 S; 787411,880 W	Muestra 7	Superficial	45,65	55,29	52,34	2,95	SM

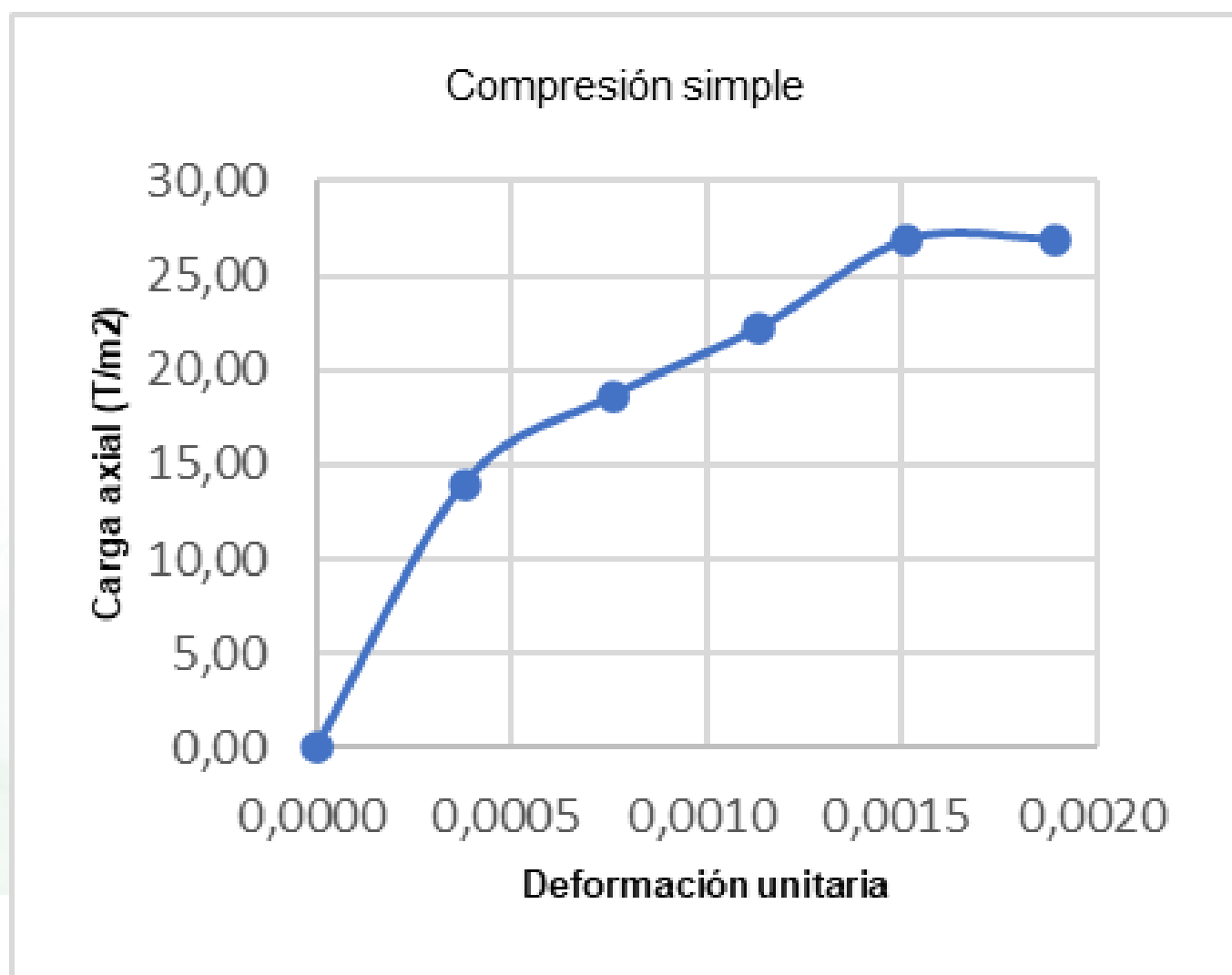


# COMPRESIÓN SIMPLE

*Determinación de propiedades, ensayos de comportamiento mecánico de tipo Triaxial, Tracción Indirecta y Módulo de elasticidad.*



Descripción	Valor	Unidad
Compresión axial	2,70	(kg/cm <sup>2</sup> )
Módulo de elasticidad	3523	(kg/cm <sup>2</sup> )



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

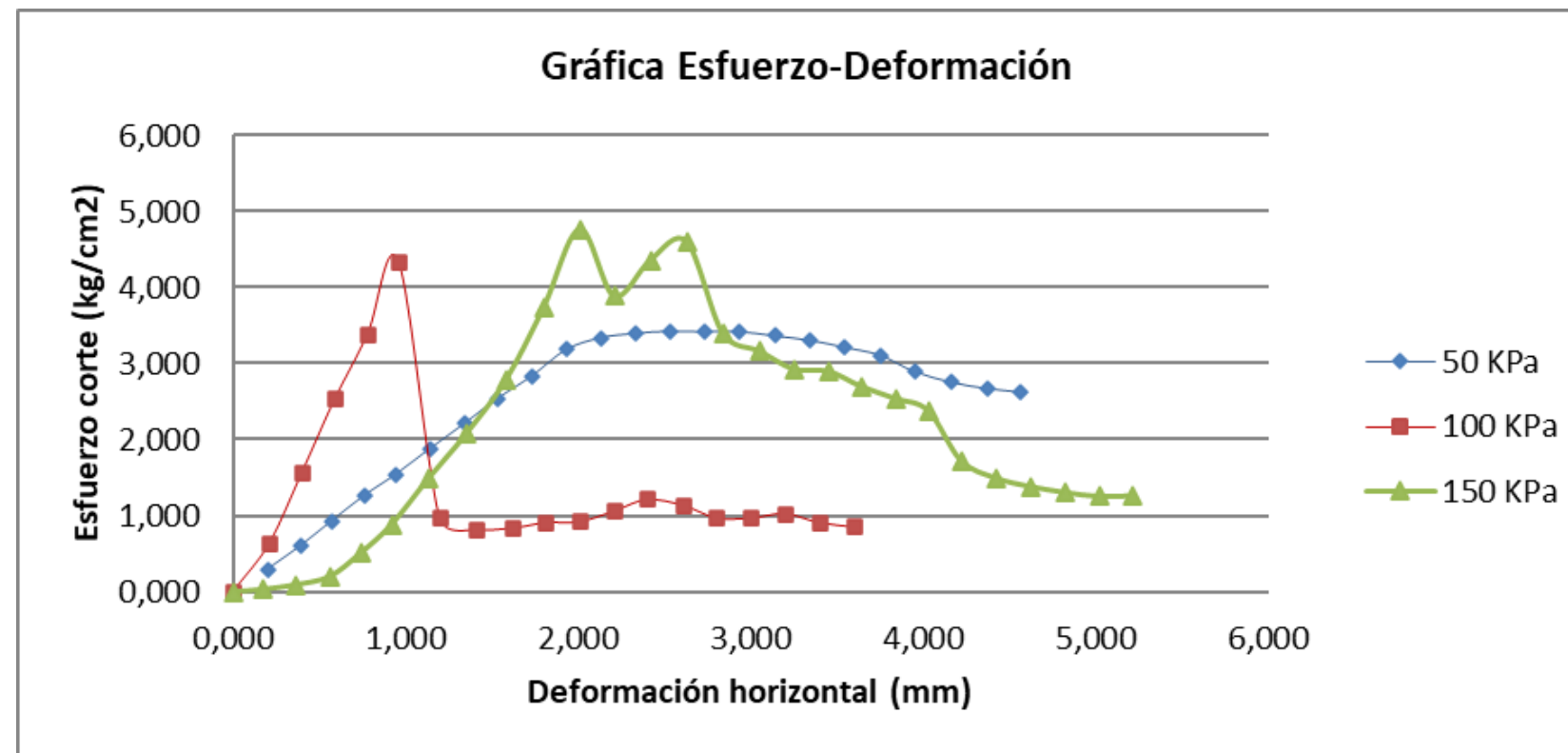




*Determinación de propiedades, ensayos de comportamiento mecánico de tipo Triaxial, Tracción Indirecta y Módulo de elasticidad.*

## Corte Directo

Descripción	Valor	Unidad
Esfuerzo máximo	2,85	(kg/cm <sup>2</sup> )
Cohesión	1,38	(kg/cm <sup>2</sup> )
Ángulo de fricción	45,51	(°)



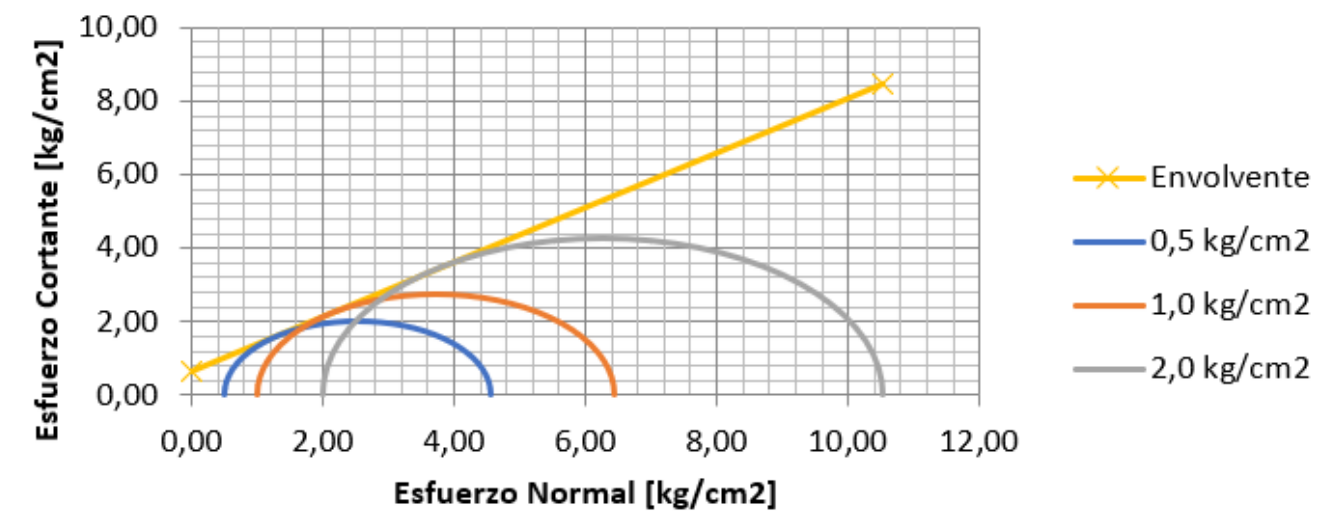
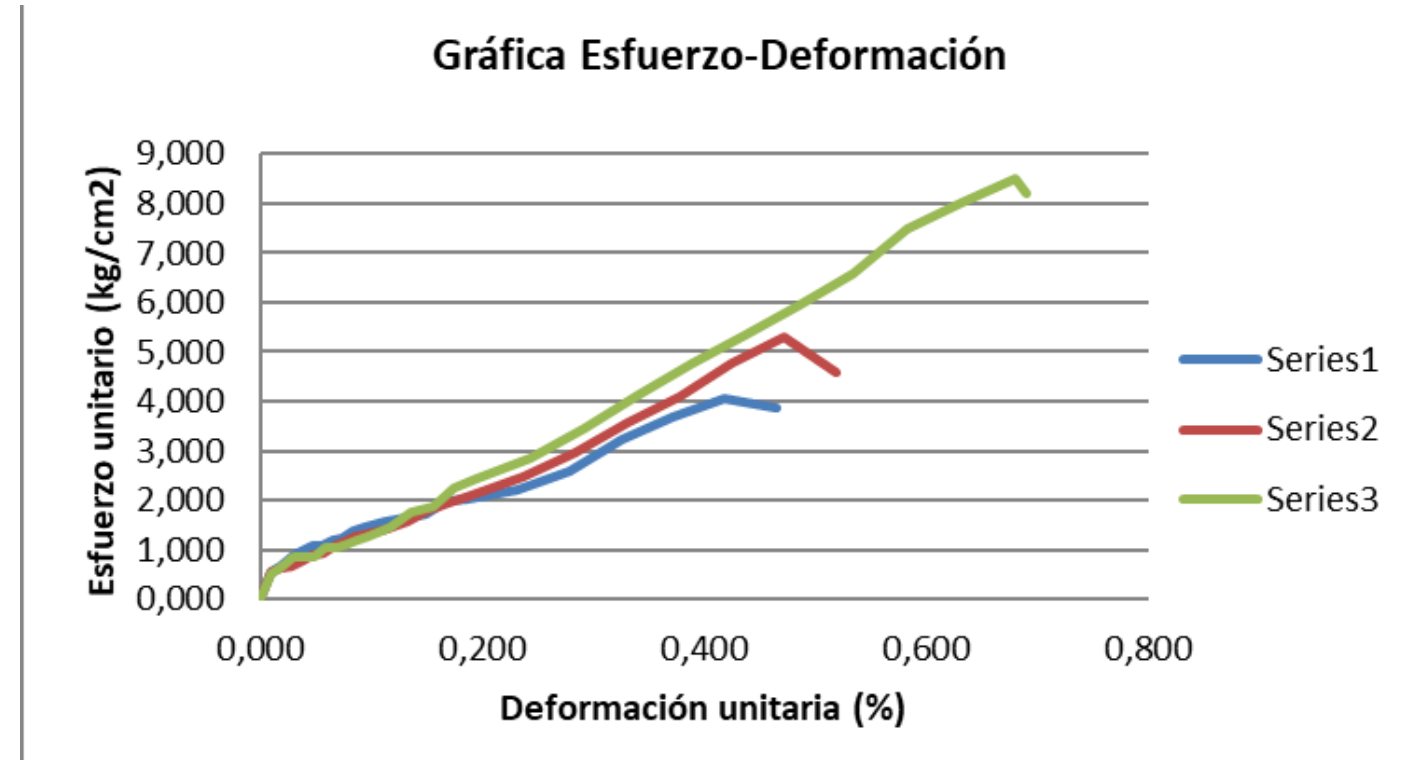


# Determinación de propiedades, ensayos de comportamiento mecánico de tipo Triaxial, Tracción Indirecta y Módulo de elasticidad.



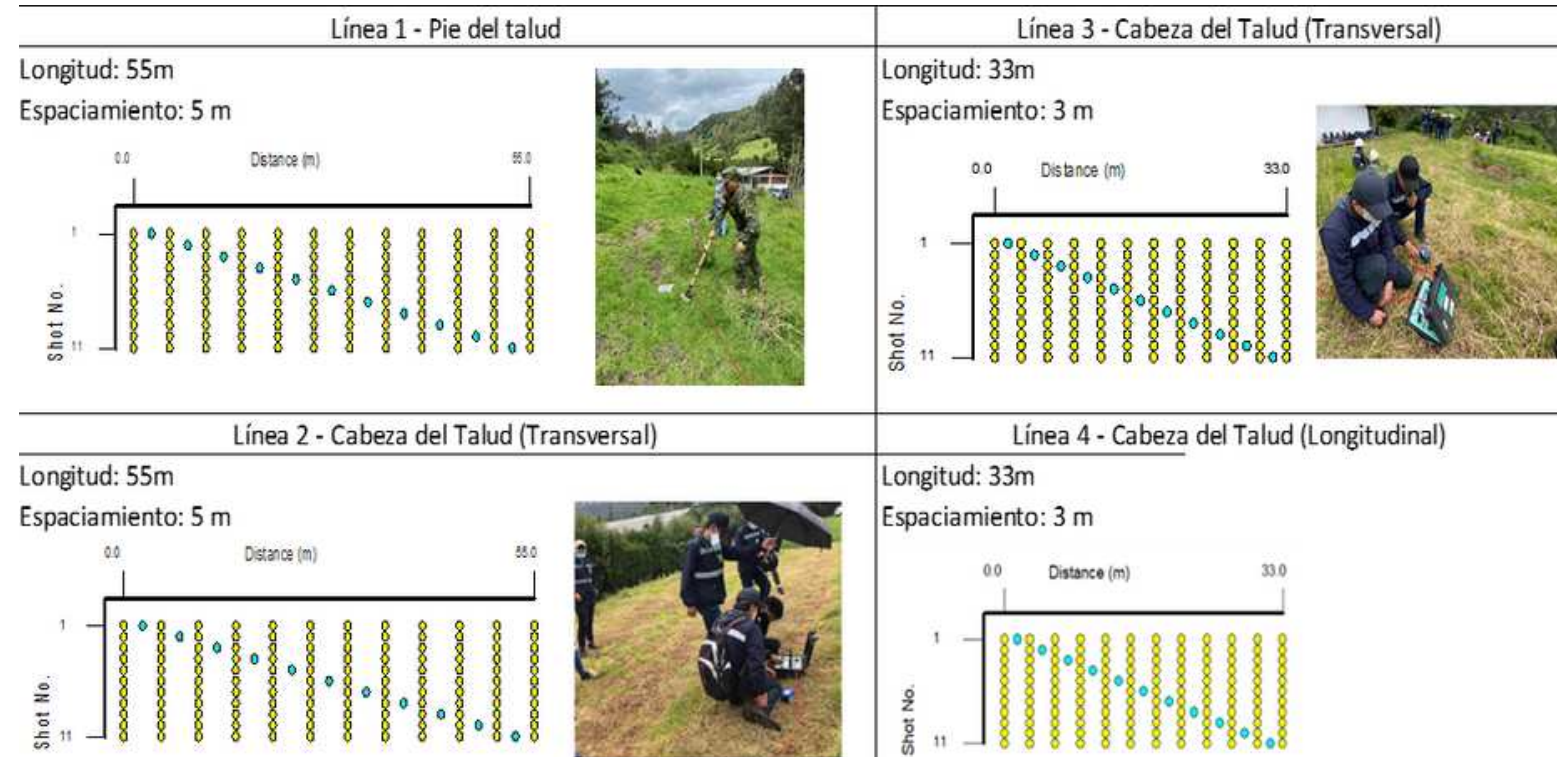
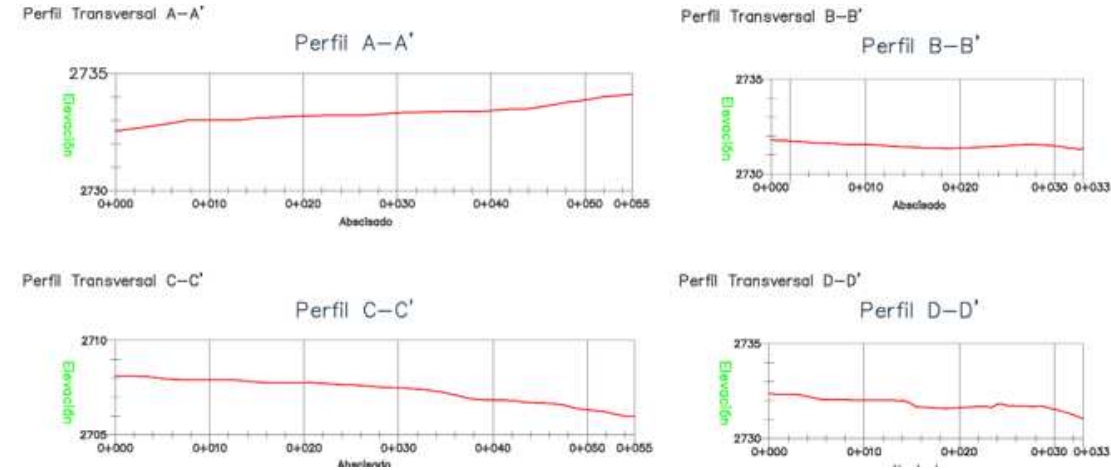
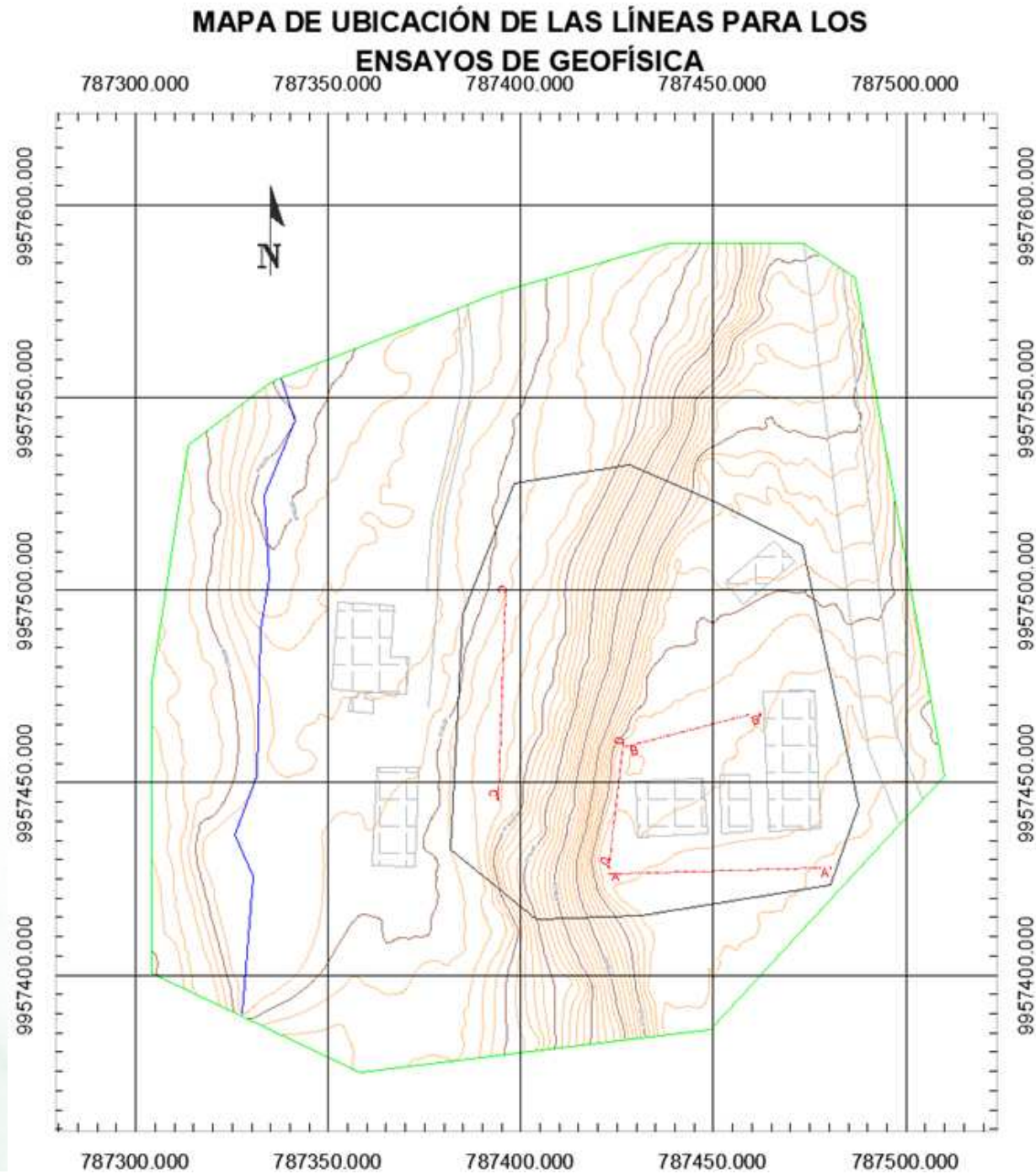
Triaxial - UU

Descripción	Valor	Unidad
Cohesión	0,65	(kg/cm <sup>2</sup> )
Ángulo de fricción	33,67	(°)
Compresión no confinada	0,37	(kg/cm <sup>2</sup> )





## Sísmica de reflexión



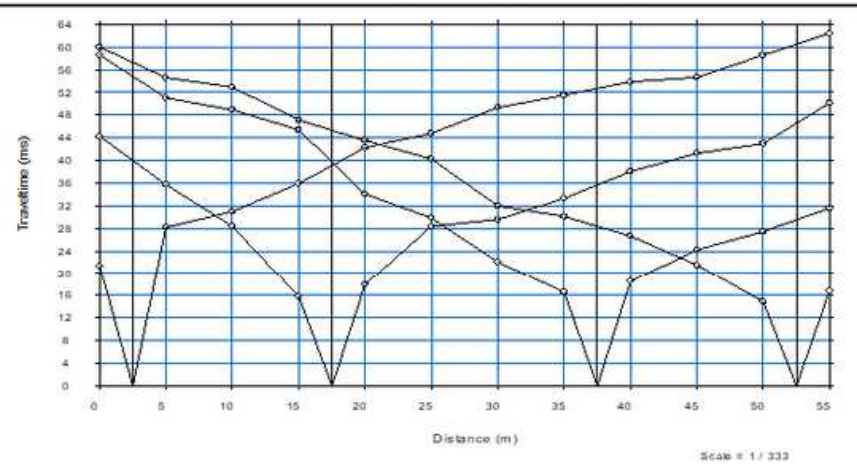
# Determinación del tipo de estrato - Geofísica.



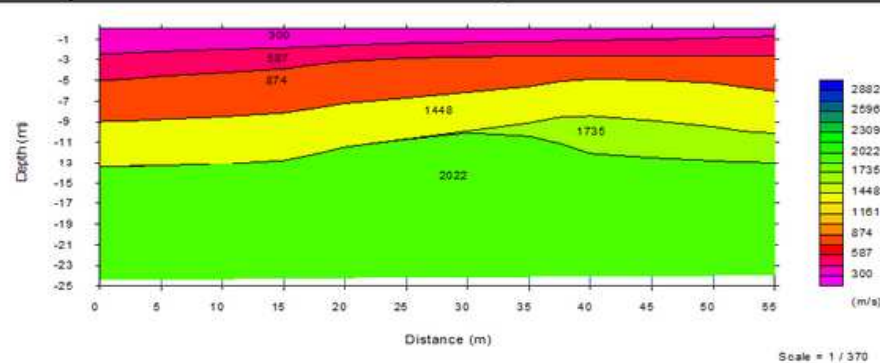
## Sísmica de reflexión

### Ondas de compresión Vp

Dromocrona

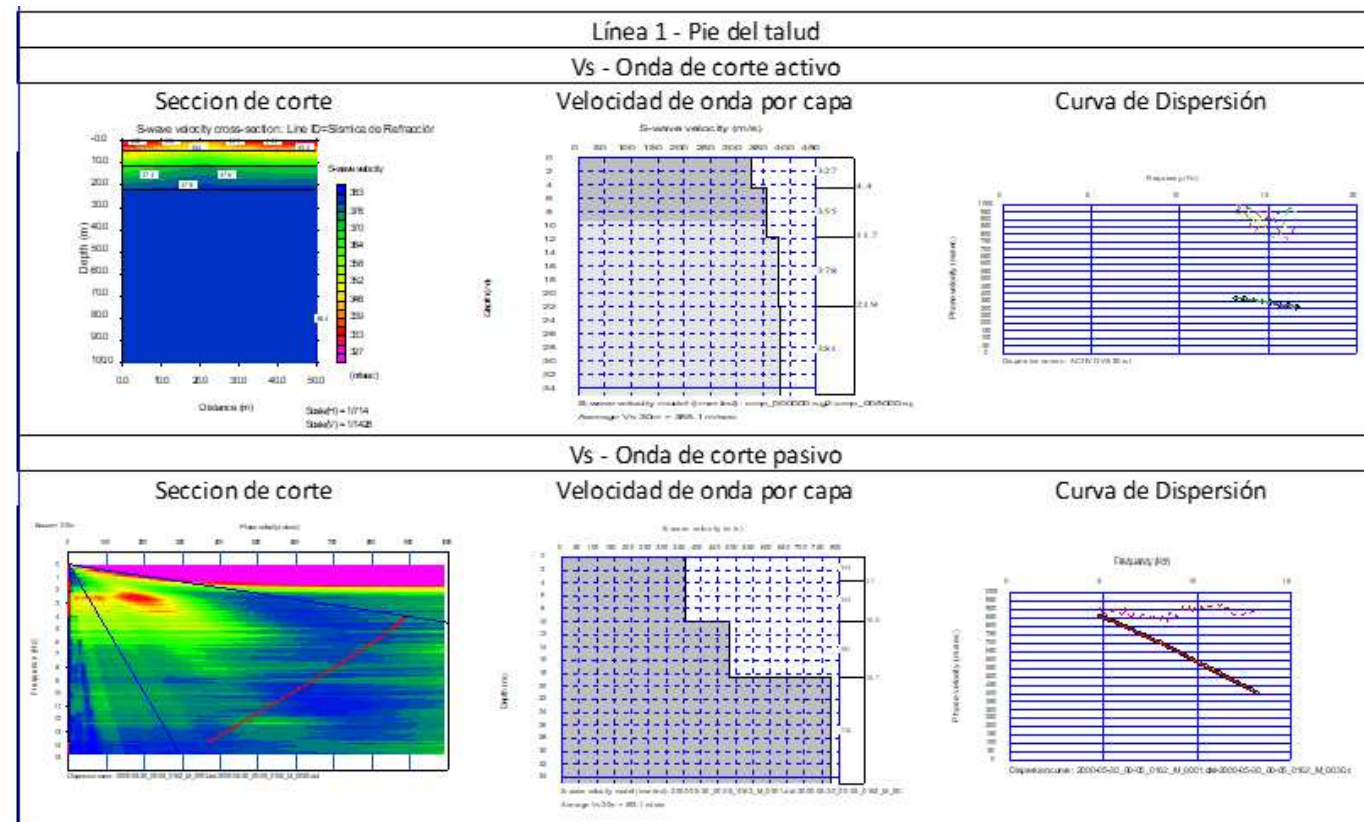


Tomografía



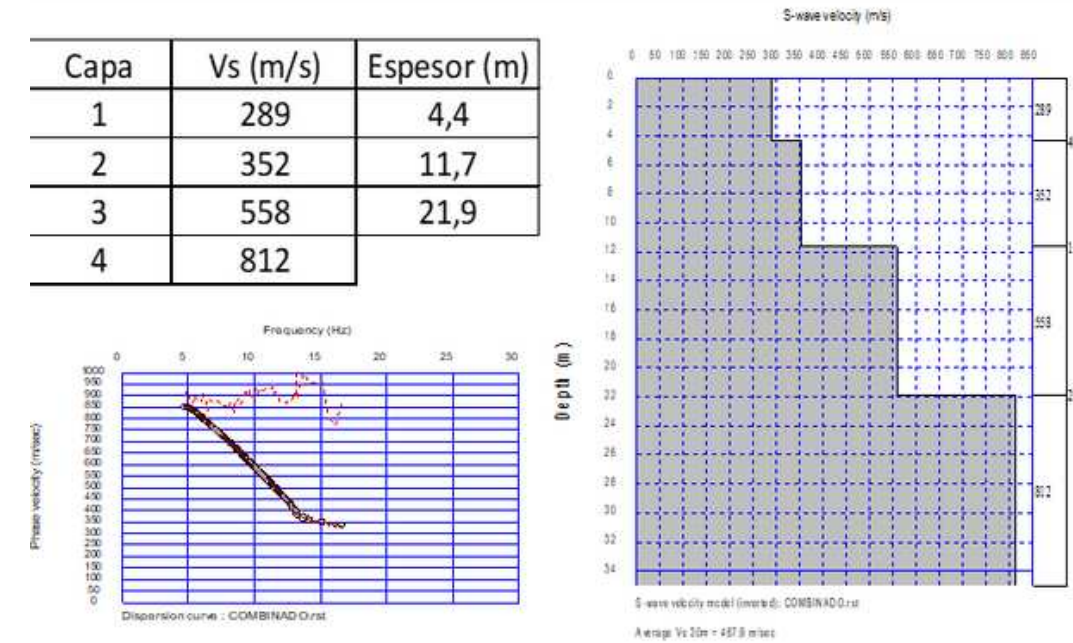
Capa	Vp (m/s)	Espesor (m)	Material
Superficial	300	1,00-2,00	Suelo superficial
	472-644	1,50-2,50	
Segunda	644-874	1,00-3,00	Aluvión
	989-1448	1,00-4,00	
Tercera	1333-1735	0,01-2,50	Gravas arcillosas
	1849-2022		

### Ondas de corte Vs



Línea 1 - Pie del talud

Capa	Vs (m/s)	Espesor (m)
1	289	4,4
2	352	11,7
3	558	21,9
4	812	



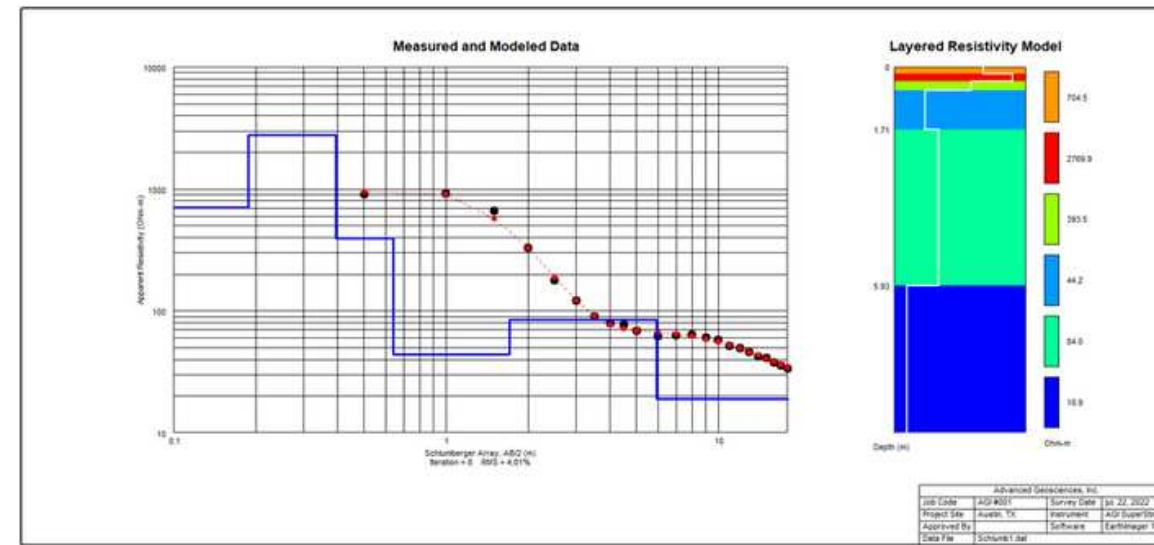
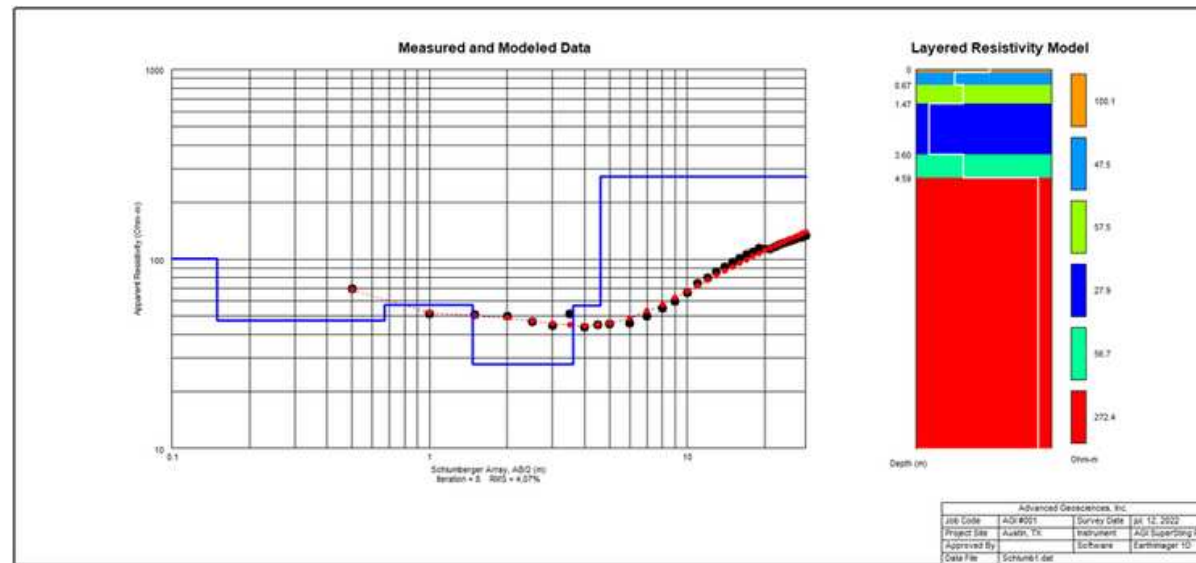
Ubicación	No.	Vs 30 (m/seg)	Tipo de suelo (NEC-15)	Tipo de suelo (Jaime Suarez)
Pie del talud	Línea 1	370.5	C	
	Línea 2	527.3	C	Roca sedimentaria meteorizada
Cabeza del talud	Línea 3	428.5	C	
	Línea 4	442.9	C	



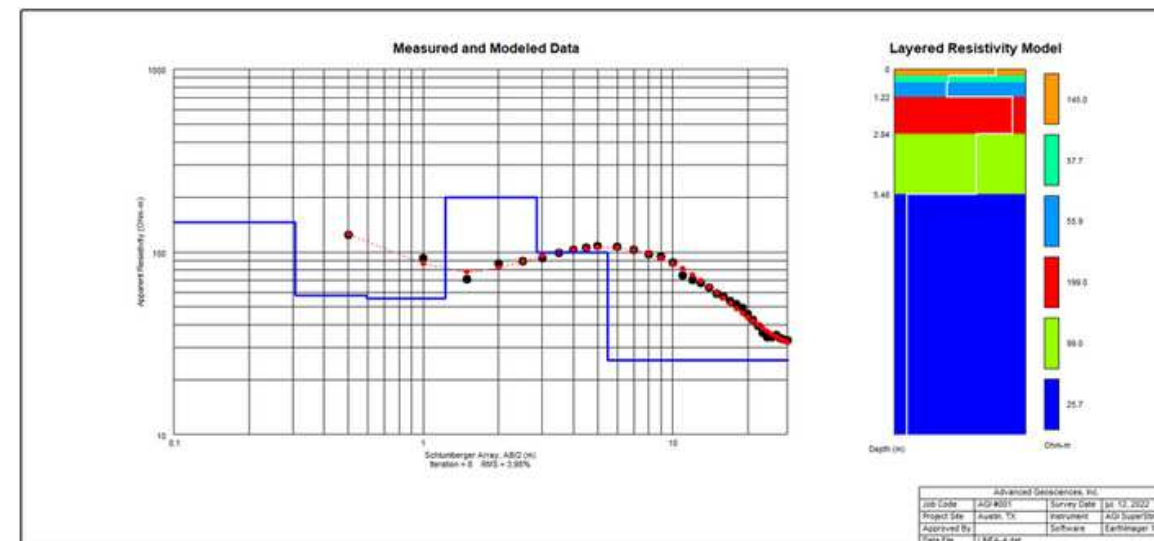
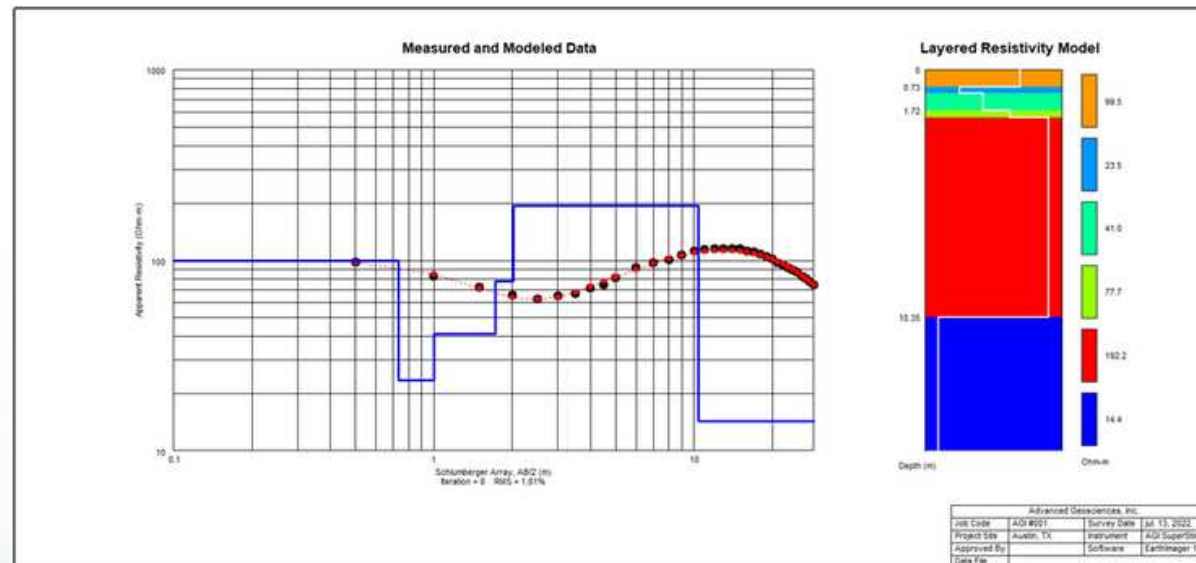
# Determinación del tipo de estrato - Geofísica.



## Resistividad



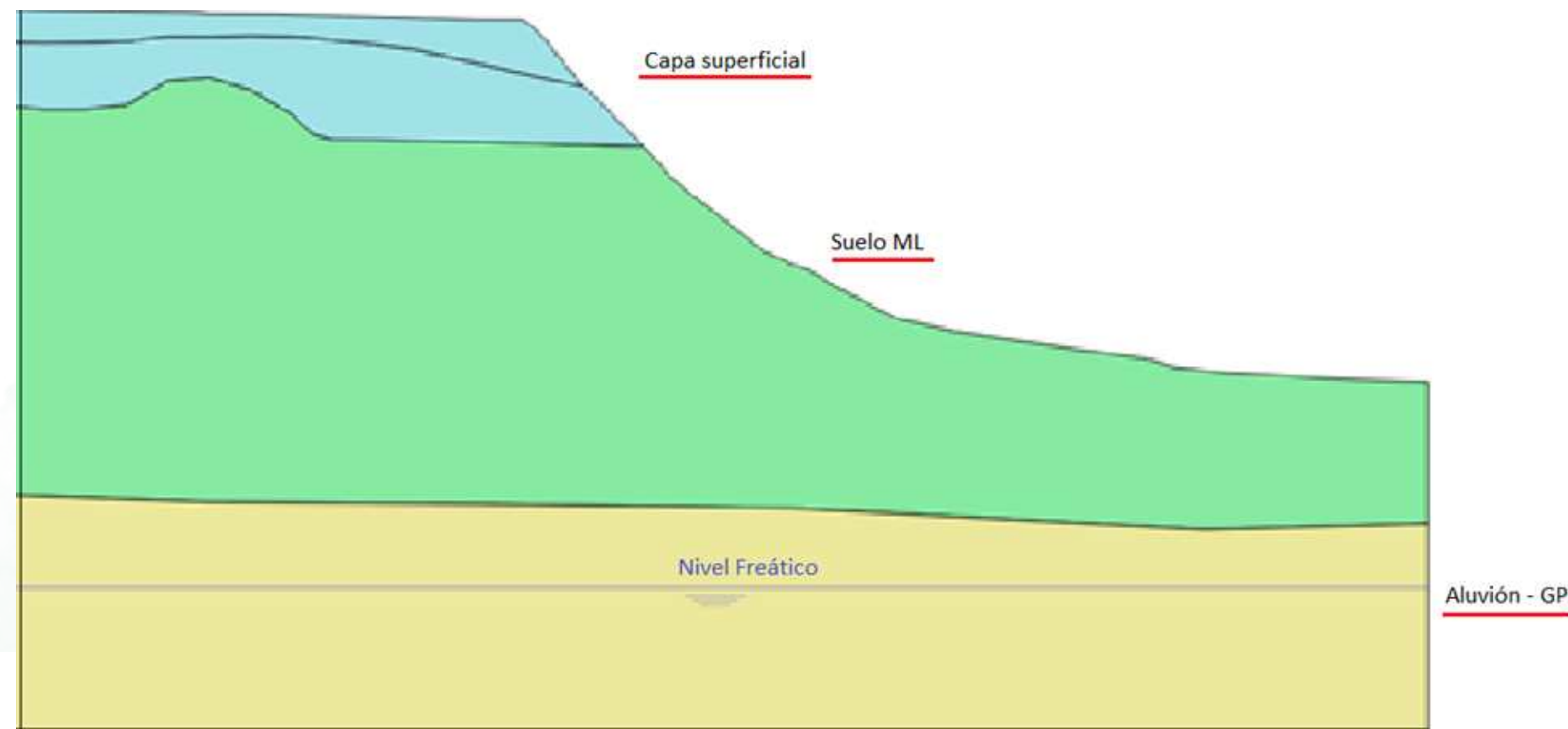
Capa	Ohm-m	Espesor (m)	Material
1	90-100	0,15+0,60	Limo saturado
2	20-50	0,30-0,50	
3	40-50	0,60-0,80	
4	100	1,00-2,13	Arcilla arenosa
5	100	2,00-4,00	
6	20		Limo saturado





## Perfil estratigráfico

Nivel	Capa	Tipo de Estrato	Espesor (m)	Observaciones
N. 0,00	Estrato 1	Suelo superficial - ML	1 – 3	Suelo limoso con presencia de agua superficial y material de relleno, color café oscuro.
N. 3,00	Estrato 2	Suelo tipo Cangahua – ML	20 - 25	Suelo limoso notando material de cangahua tipo 4, color café claro.
N. 25,00	Estrato 3	Suelo - GP	Desconocido	Material de aluvión, grava con finos en pequeñas cantidades.



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



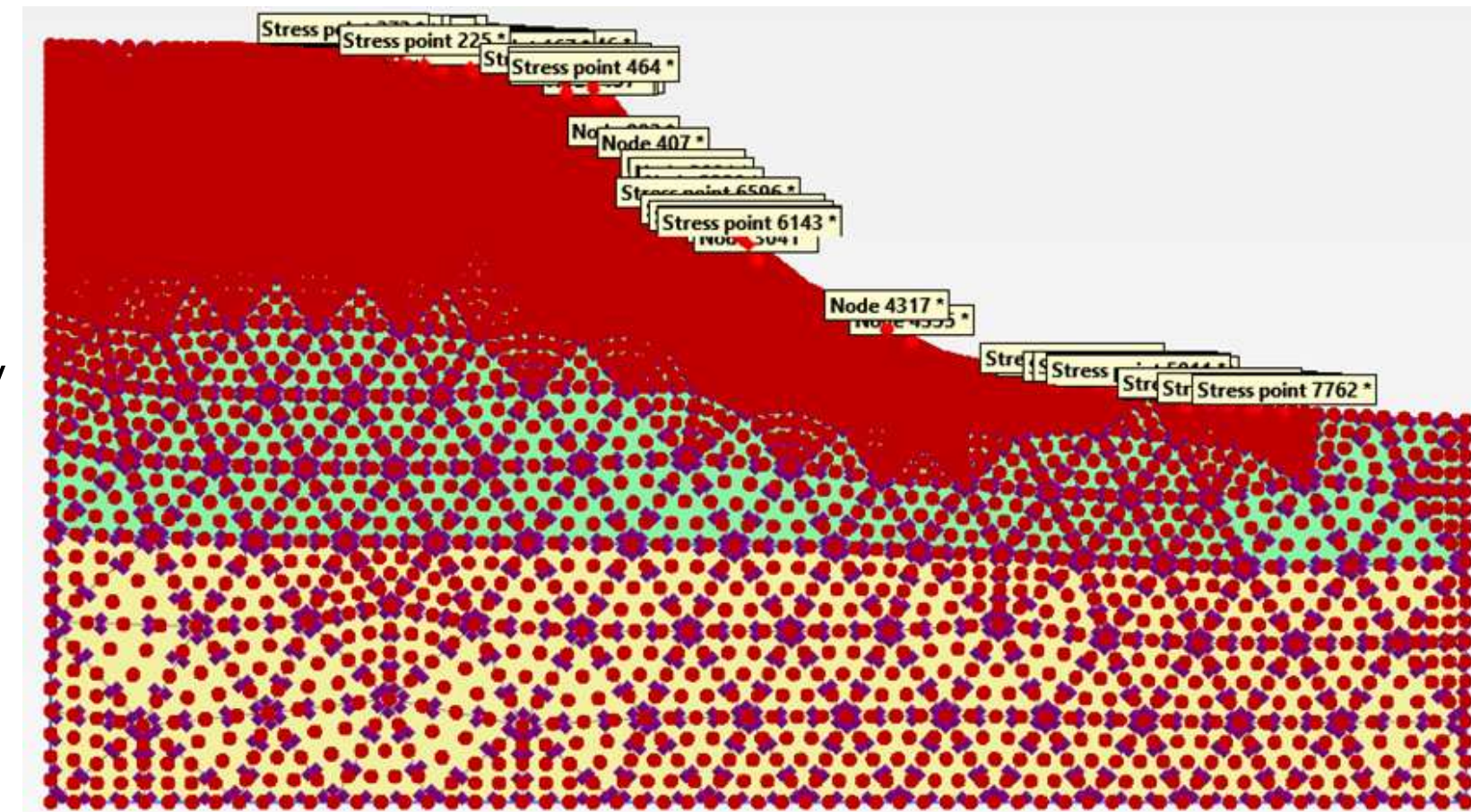
# Capítulo IV: Análisis De Estabilidad Del Talud En Condiciones Actuales



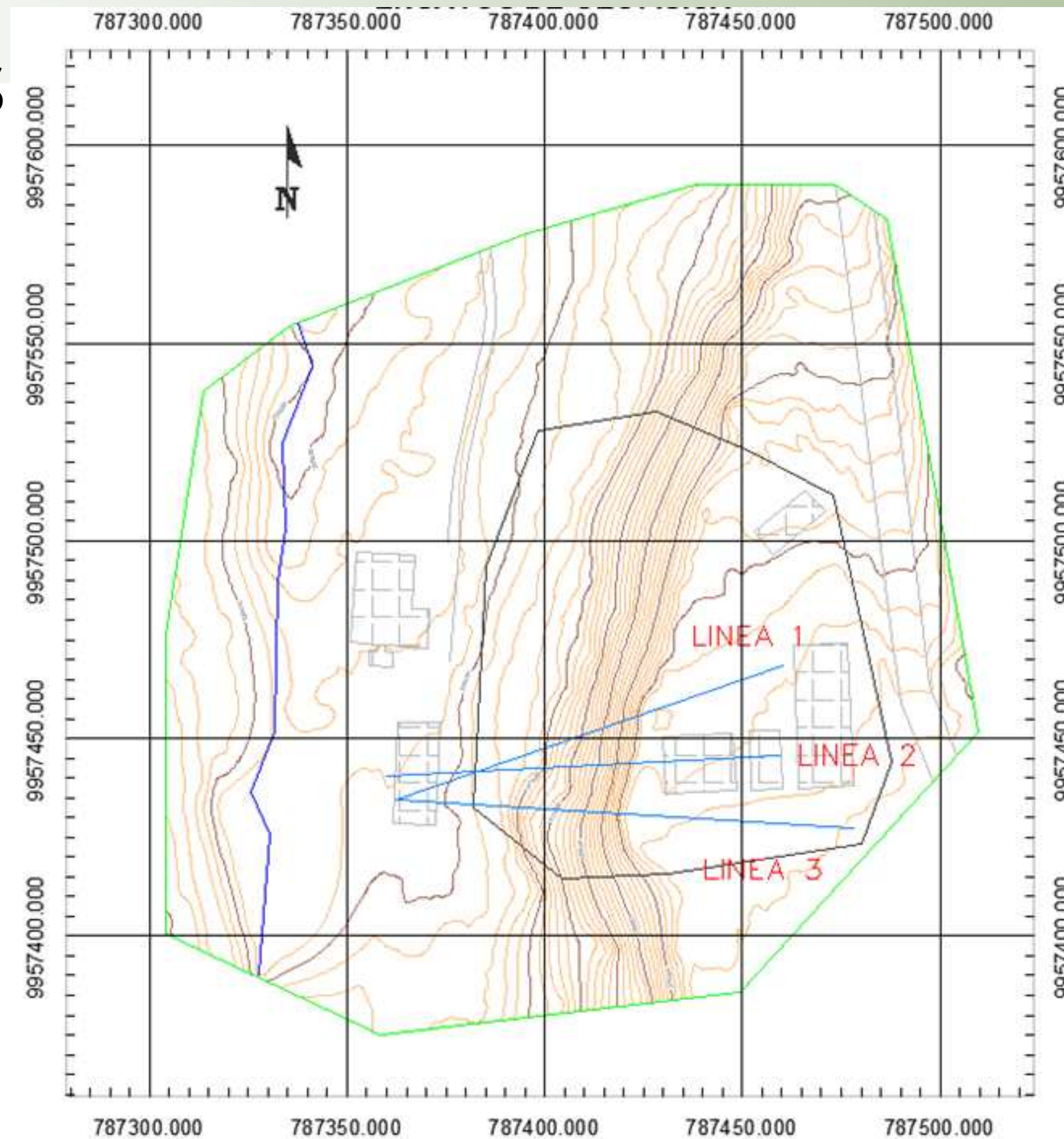
**Plaxis 2D** → Método de deformaciones → Elementos Finitos

Análisis del comportamiento del talud en condiciones de esfuerzos totales y efectivos utilizando los siguientes parámetros de entrada:

- Generar la geometría del talud
- Caracterizar del suelo ingresando parámetros reales como: cohesión ( $c'$ ), ángulo de fricción ( $\varphi'$ ) y módulo de Elasticidad (E),
- Generar un nivel freático
- Producir cargas actuantes a las que está sometida el talud

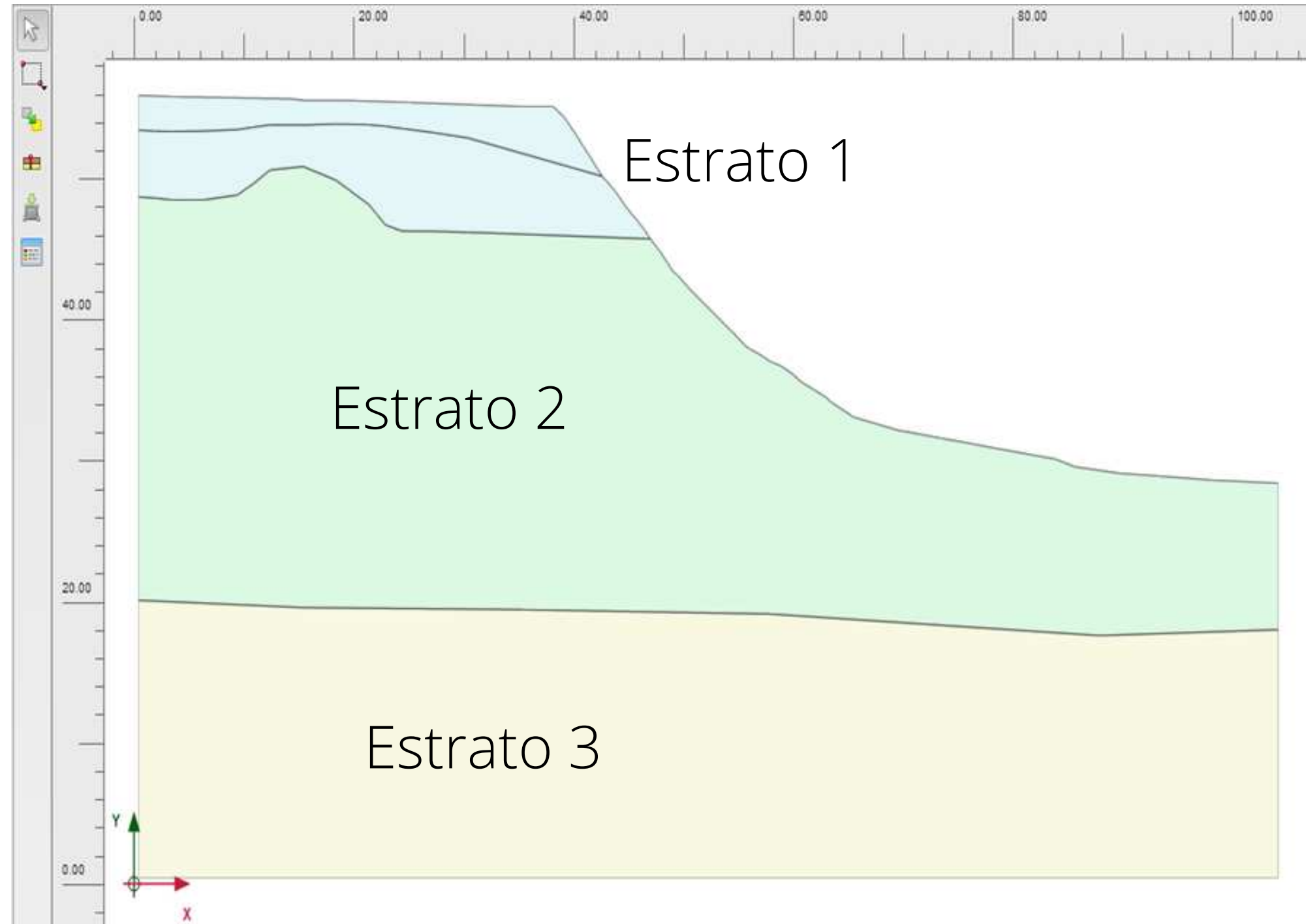


# Mapa de Perfiles Analizados





## 1. Definición de la Geometría





# Procedimiento para el modelamiento en Plaxis 2D



## 2. Propiedades, índice y mecánicas de los estratos del suelo

Estrato 1 – ML (Suelo Superficial)

Parámetro	Valor	Unidad
Peso específico húmedo ( $\gamma_h$ )	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Peso específico seco ( $\gamma_d$ )	16,00	kN/m <sup>3</sup>
Módulo de Elasticidad (E)	20000,00	kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson ( $\nu'$ )	0,30	-
Cohesión ( $c'$ )	24,53	kN/m <sup>2</sup>
Ángulo de fricción ( $\phi'$ )	25,00	°

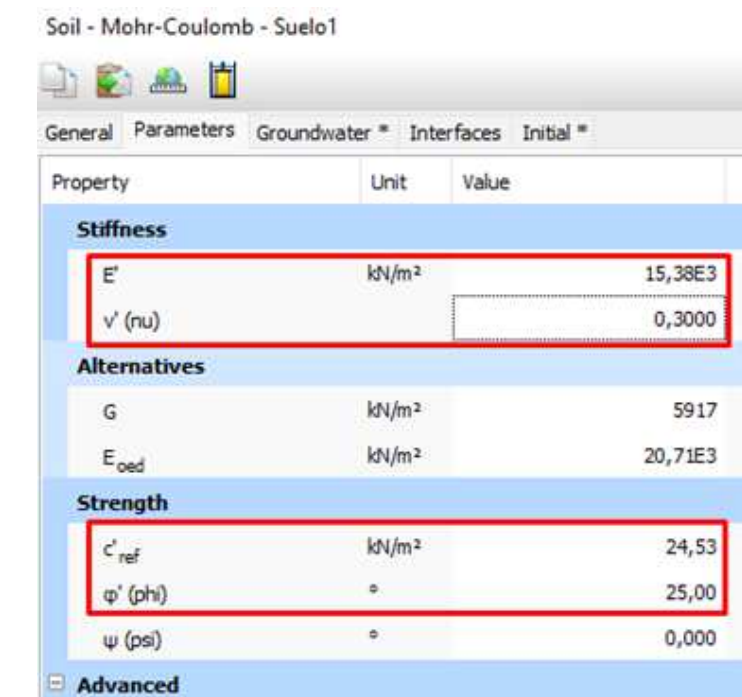
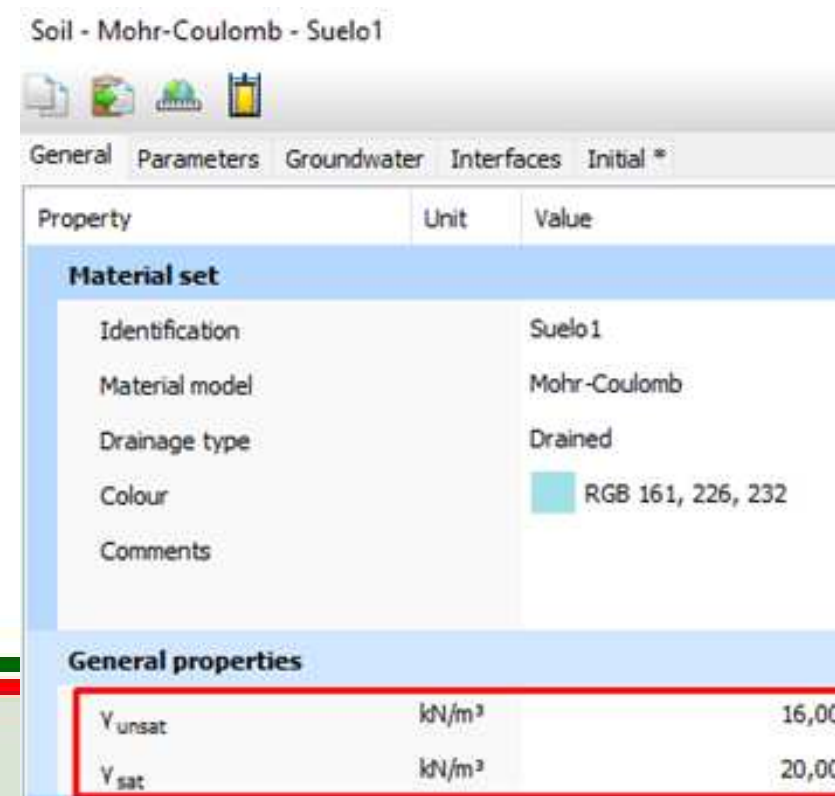
Estrato 2 – ML (Cangahua)

Parámetro	Valor	Unidad
Peso específico húmedo ( $\gamma_h$ )	15,24	kN/m <sup>3</sup>
Peso específico seco ( $\gamma_d$ )	9,95	kN/m <sup>3</sup>
Módulo de Elasticidad (E)	352319,79	kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson ( $\nu'$ )	0,30	-
Cohesión ( $c'$ )	63,66	kN/m <sup>2</sup>
Ángulo de fricción ( $\phi'$ )	36,67	°

Estrato 3 – GP (Aluvial)

Parámetro	Valor	Unidad
Peso específico húmedo ( $\gamma_h$ )	20,61	kN/m <sup>3</sup>
Peso específico seco ( $\gamma_d$ )	20,01	kN/m <sup>3</sup>
Módulo de Elasticidad (E)	100000,00	kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson ( $\nu'$ )	0,35	-
Cohesión ( $c'$ )	0,00	kN/m <sup>2</sup>
Ángulo de fricción ( $\phi'$ )	38,00	°

Los valores se ingresarán en la sección de "Show Materials"



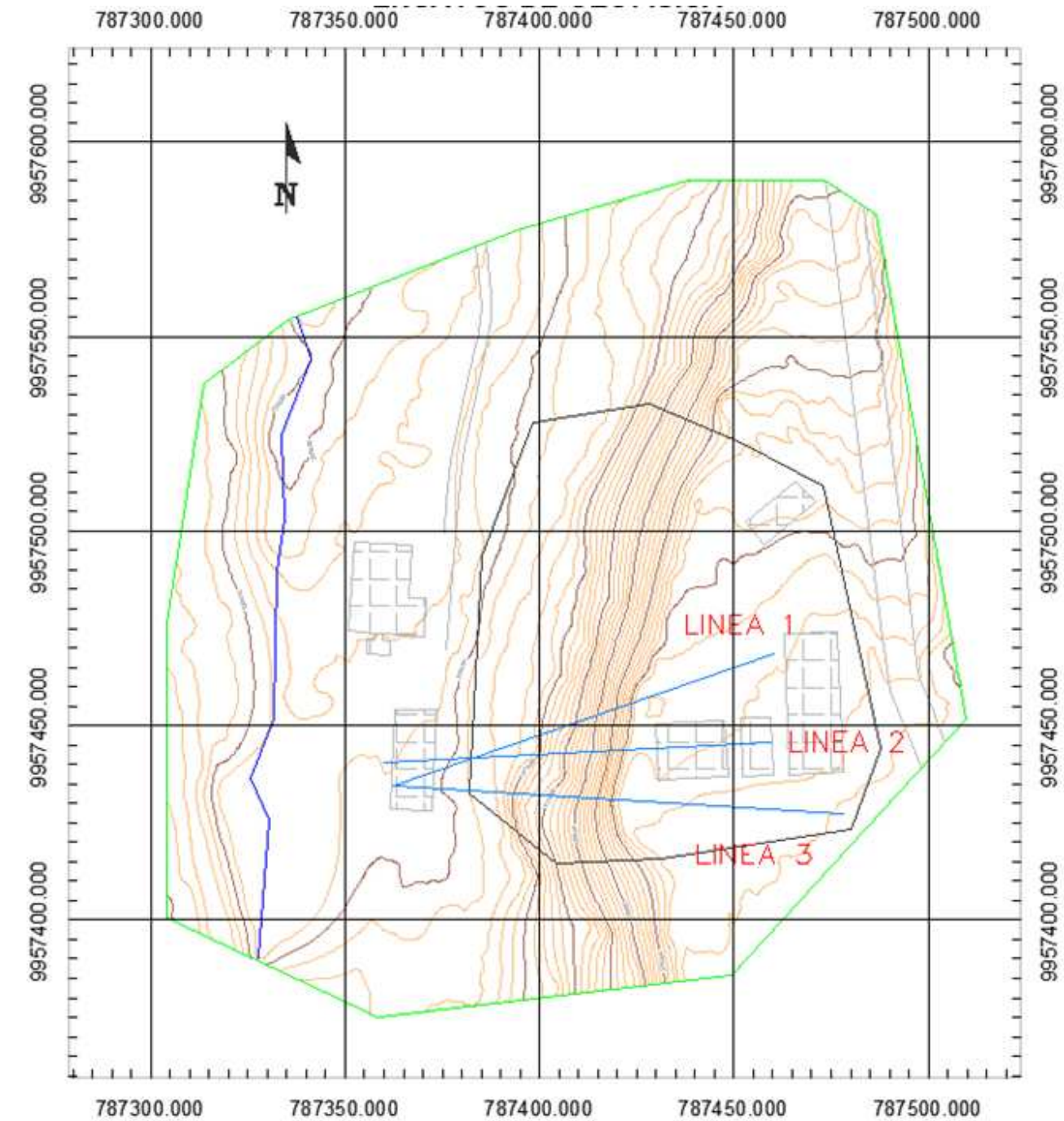
# Procedimiento para el modelamiento en Plaxis 2D



## 3. Definir cargas actuantes

De los 3 perfiles de análisis, solo se aplicó una carga de 1,5 T/m o 14,72 kN/m al perfil No.2 debido a una construcción existente en la corona del talud.

Carga Muerta					kg/m <sup>2</sup>
<b>Cimentación</b>					
L1 (m)	L2 (m)	h (m)	$\gamma_{HS}$ (kg/m <sup>3</sup> )	=	
1,00	1,00	0,50	2200,00	=	1100,00
<b>Peso de cubierta</b>					
					= 12,00 --> Cubierta 12 kg/m <sup>2</sup>
<b>Accesorios</b>					
					= 20,00
<b>Enlucido y masillado</b>					
e (m)	b (m)	h (m)	$\gamma_{HS}$ (kg/m <sup>3</sup> )	=	
0,02	1,00	1,00	2200,00	=	44,00
<b>Recubrimiento de piso</b>					
e (m)	b (m)	h (m)	$\gamma_{HS}$ (kg/m <sup>3</sup> )	=	
0,02	1,00	1,00	2200,00	=	44,00
<b>Peso mampostería (Asumido)</b>					
#N	L1 (m)	L2 (m)	h (m)	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	=
12,50	0,40	0,20	0,20	866,46	= 173,29
<b>Carga Vigas =</b>					= 18,00 --> Madera tipo C, $\gamma=900$ kg/m <sup>3</sup>
<b>Carga Muerta</b>					= 1411,29
					= 1,41 T/m <sup>2</sup>
<b>Carga Viva</b>					= 100,00
					= 0,10 T/m <sup>2</sup>
<b>Carga actuante</b>					= 1,51 T/m <sup>2</sup>
ancho cooperante (ancho de construcción)					= 1,00 m
w					= 1,511 T/m
					14,83 kN/m

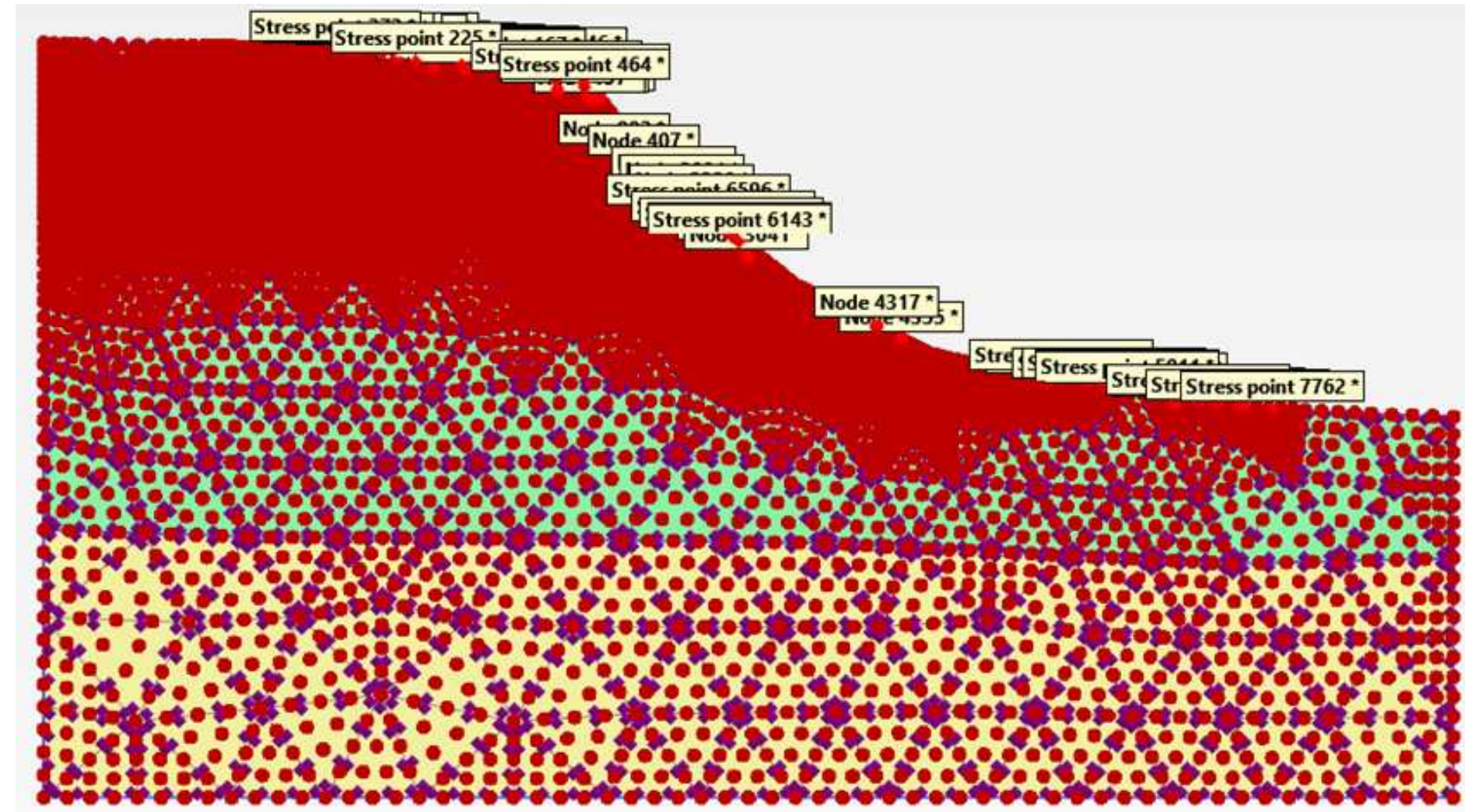
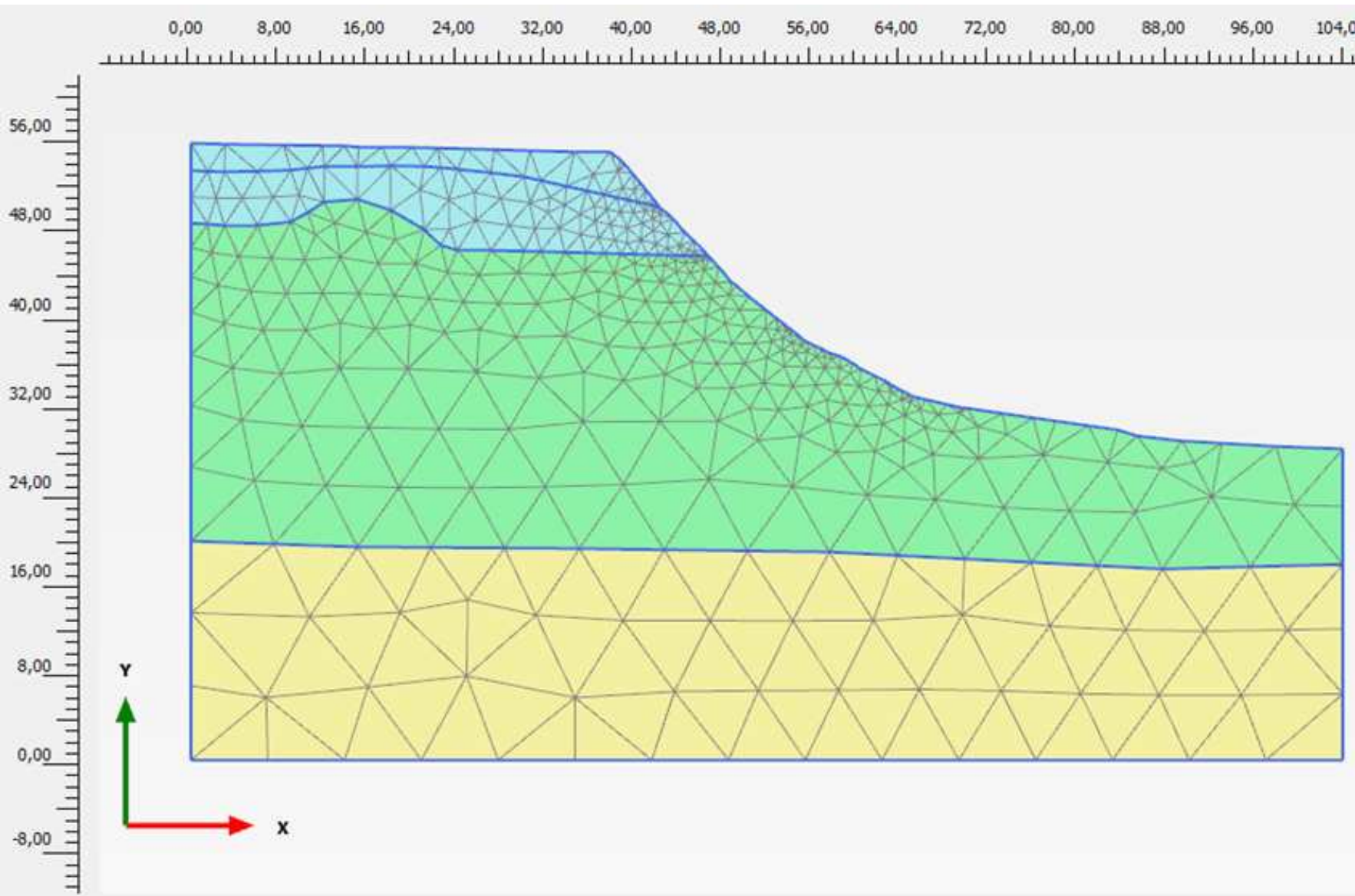
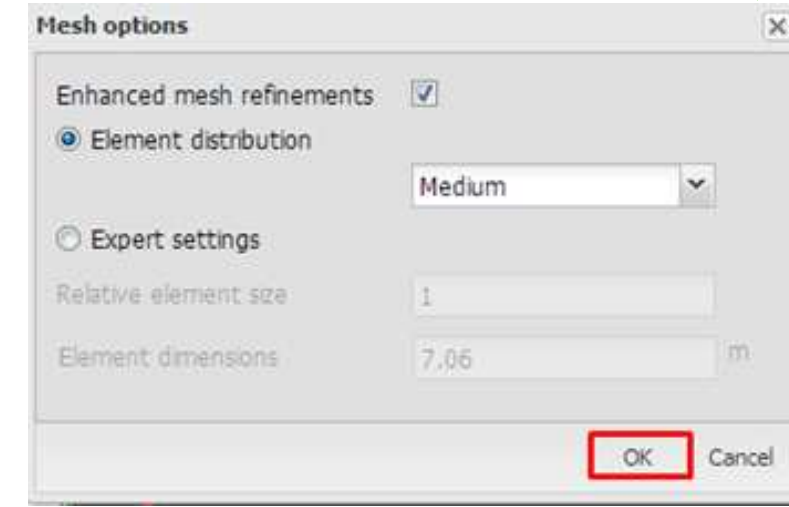


# Procedimiento para el modelamiento en Plaxis 2D



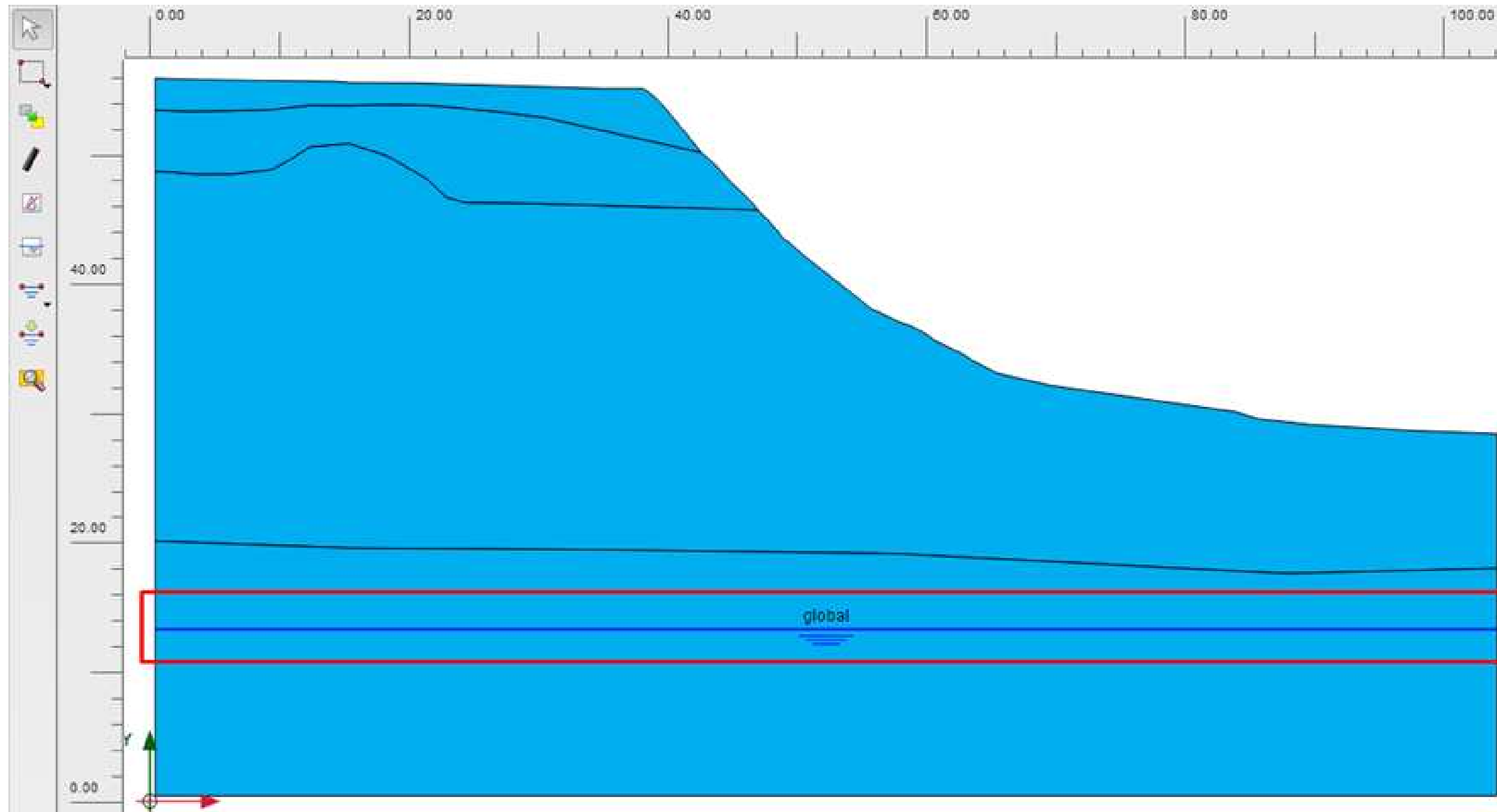
## 4. Mallado de la sección geométrica

Se genera la malla de análisis y puntos de interrelación gráfica





## 5. Determinar condiciones de flujo (Nivel Freático)



# Procedimiento para el modelamiento en Plaxis 2D



## 6. Definir fases de cálculo

### Fase Inicial

Este análisis viene por defecto y nos muestra el talud formado, sin tomar en cuenta cargas externas, solo se basa en tensiones efectivas iniciales y presiones internas del estado actual de los estratos de suelo.

Name	Value
<b>General</b>	
ID	Initial phase [InitialPhase]
Calculation type	K0 procedure
Loading type	Staged construction
$\Sigma M_{weight}$	1,000
Pore pressure calculation type	Phreatic
First step	0
Last step	0
Design approach	(None)
Special option	0
<b>Deformation control parameters</b>	
Updated water pressure	<input type="checkbox"/>
Ignore suction	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Reached values</b>	

### Fase Elástico - Plástico

En esta fase realiza un análisis Elastoplástico.

Name	Value
<b>General</b>	
ID	Deformacion [Phase_1]
Start from phase	Initial phase
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
$\Sigma M_{stage}$	1,000
$\Sigma M_{weight}$	1,000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	0,000 day
Estimated end time	0,000 day
First step	1
Last step	4
Design approach	(None)
Special option	0

### Fase Factor de Seguridad

Esta fase se busca calcular el factor de seguridad que nos determinará la estabilidad del talud por modos de falla.

Name	Value
<b>General</b>	
ID	Safety [Phase_2]
Start from phase	Initial phase
Calculation type	Safety
Loading type	Incremental multiplier
$M_{df}$	0,1000
Pore pressure calculation type	Use pressures from p
First step	5
Last step	104
Design approach	(None)
Special option	0



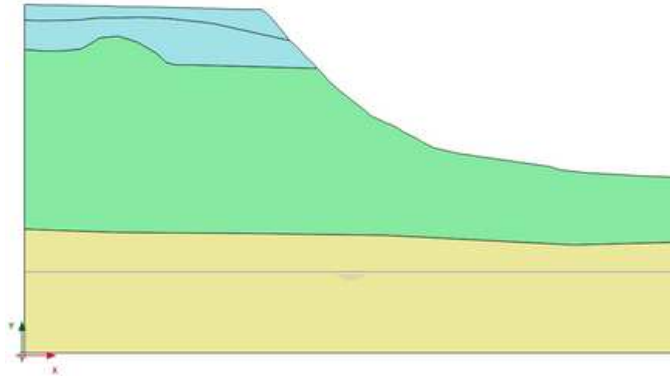
**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

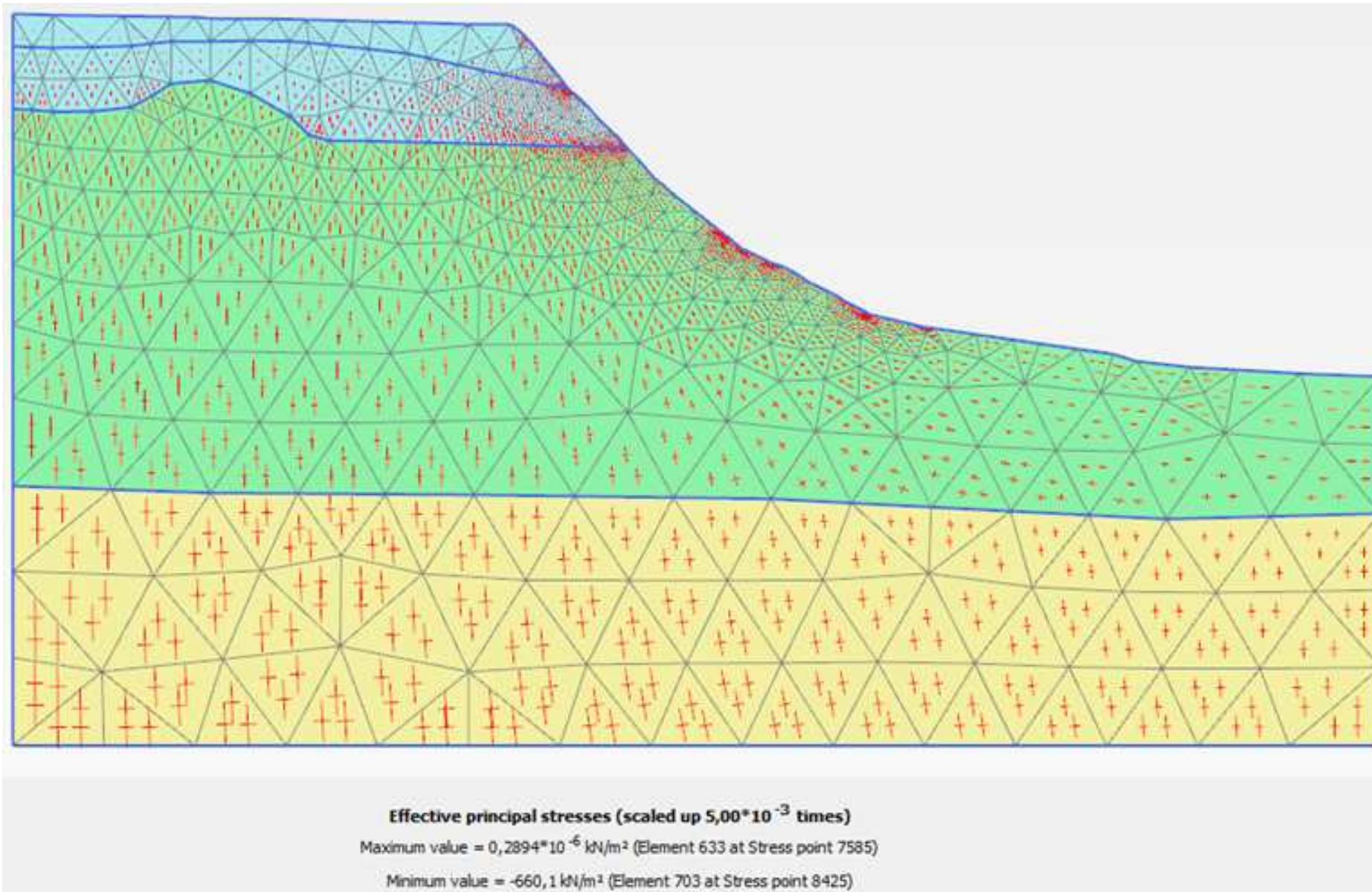


# Resultados de Análisis en Plaxis 2D

Perfil 1

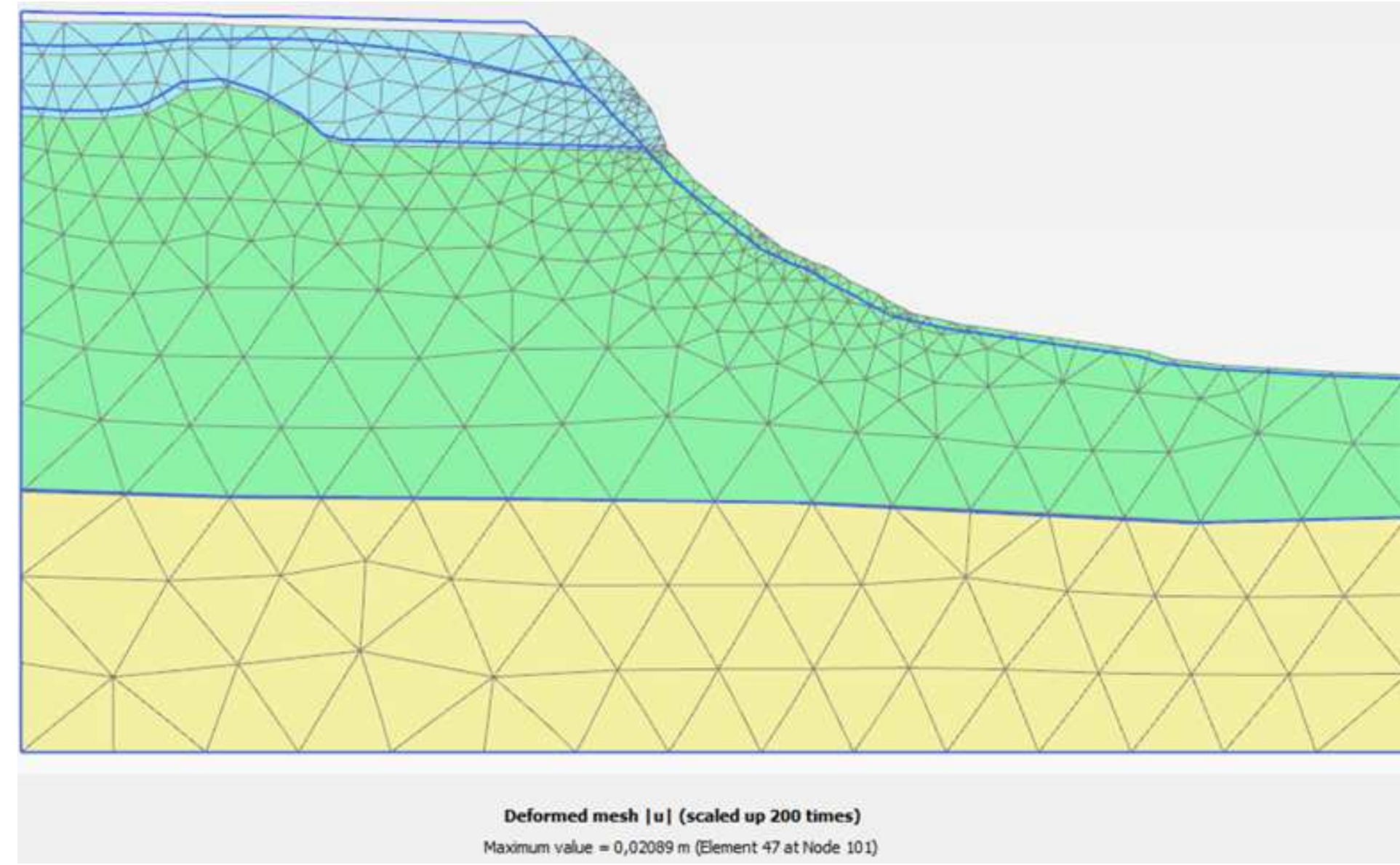


## Esfuerzos Efectivos



Valor máximo =  $0,2894 \cdot 10^{(-6)}$  kN/m<sup>2</sup>  
Valor mínimo = -660,1 kN/m<sup>2</sup>

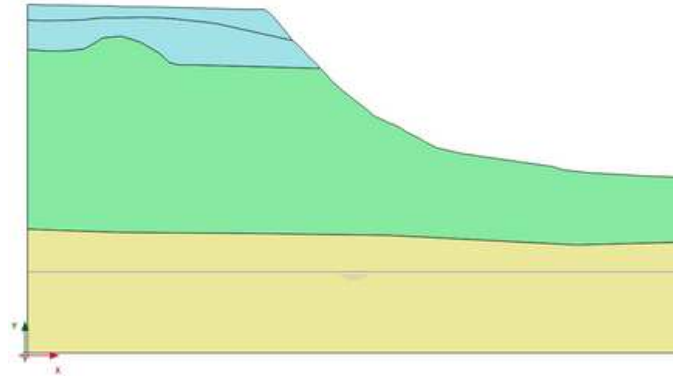
## Deformación de talud



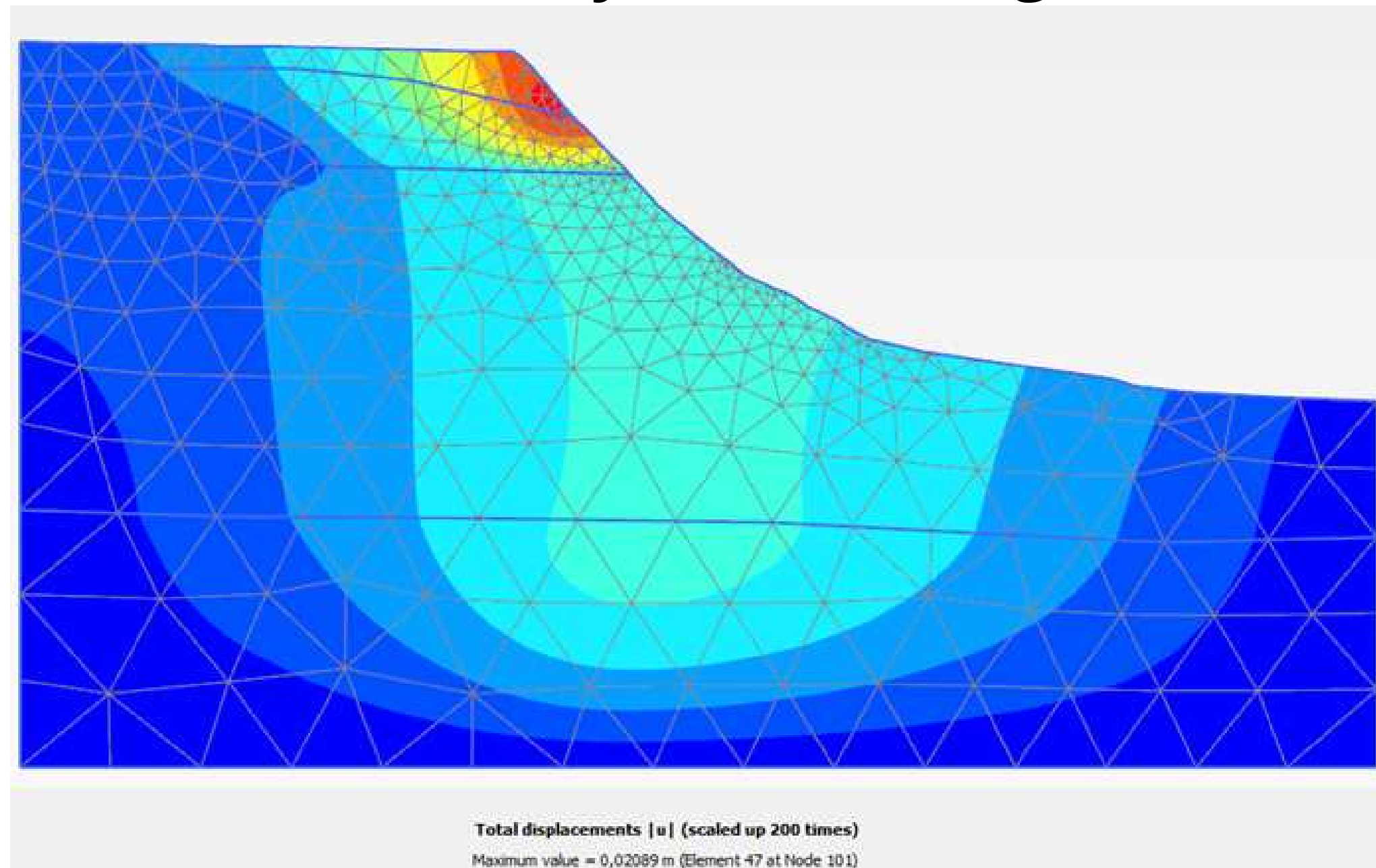
Deformación máxima = 0.0208 m

# Resultados de Análisis en Plaxis 2D

Perfil 1



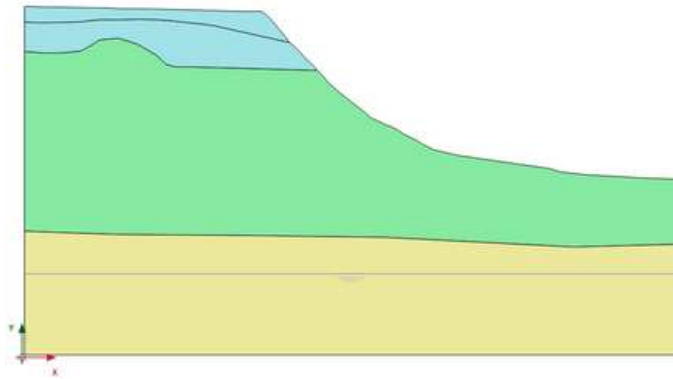
## Plano de falla y factor de seguridad



$$\Sigma Msf = 1,712$$

# Resultados de Análisis en Plaxis 2D

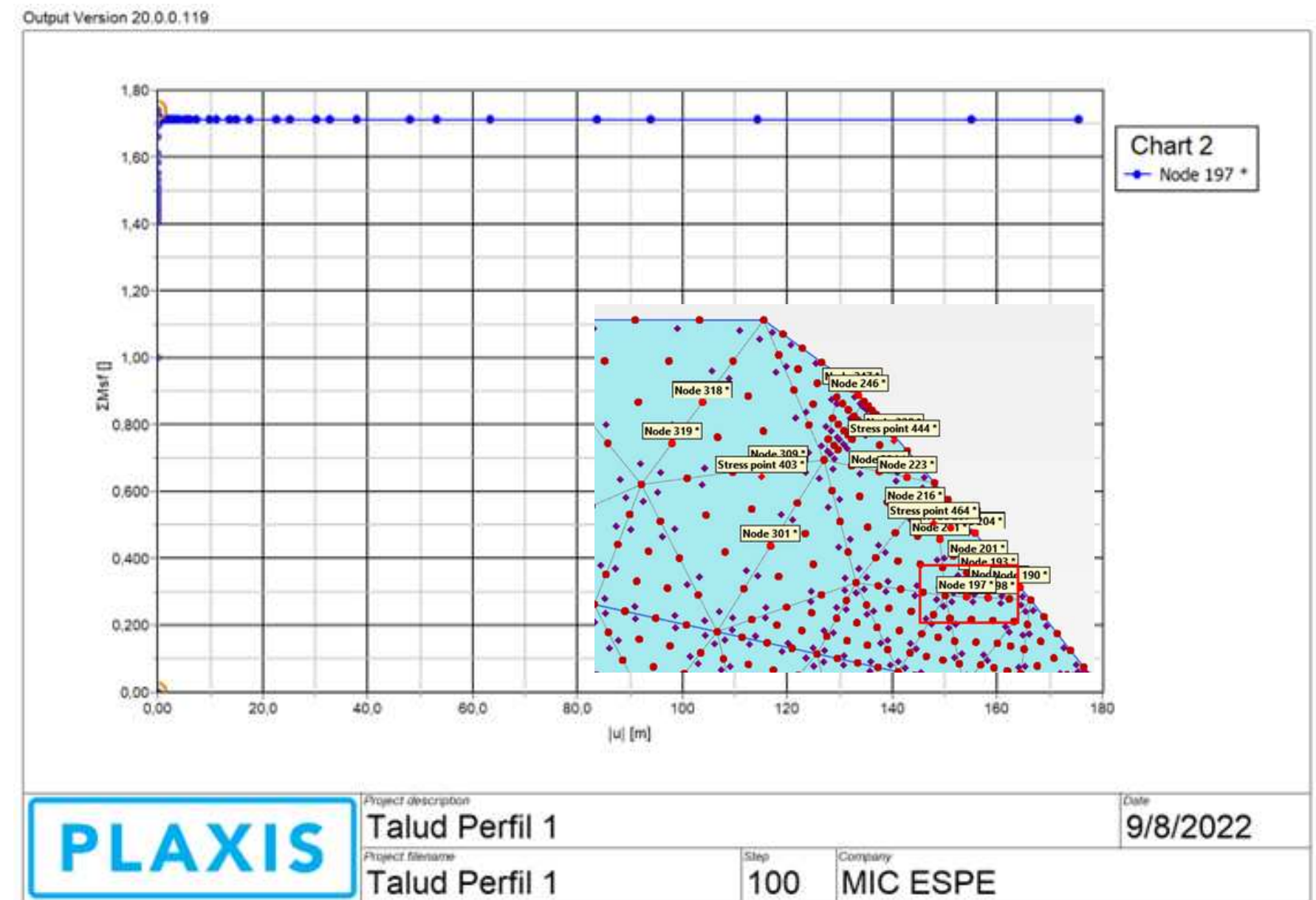
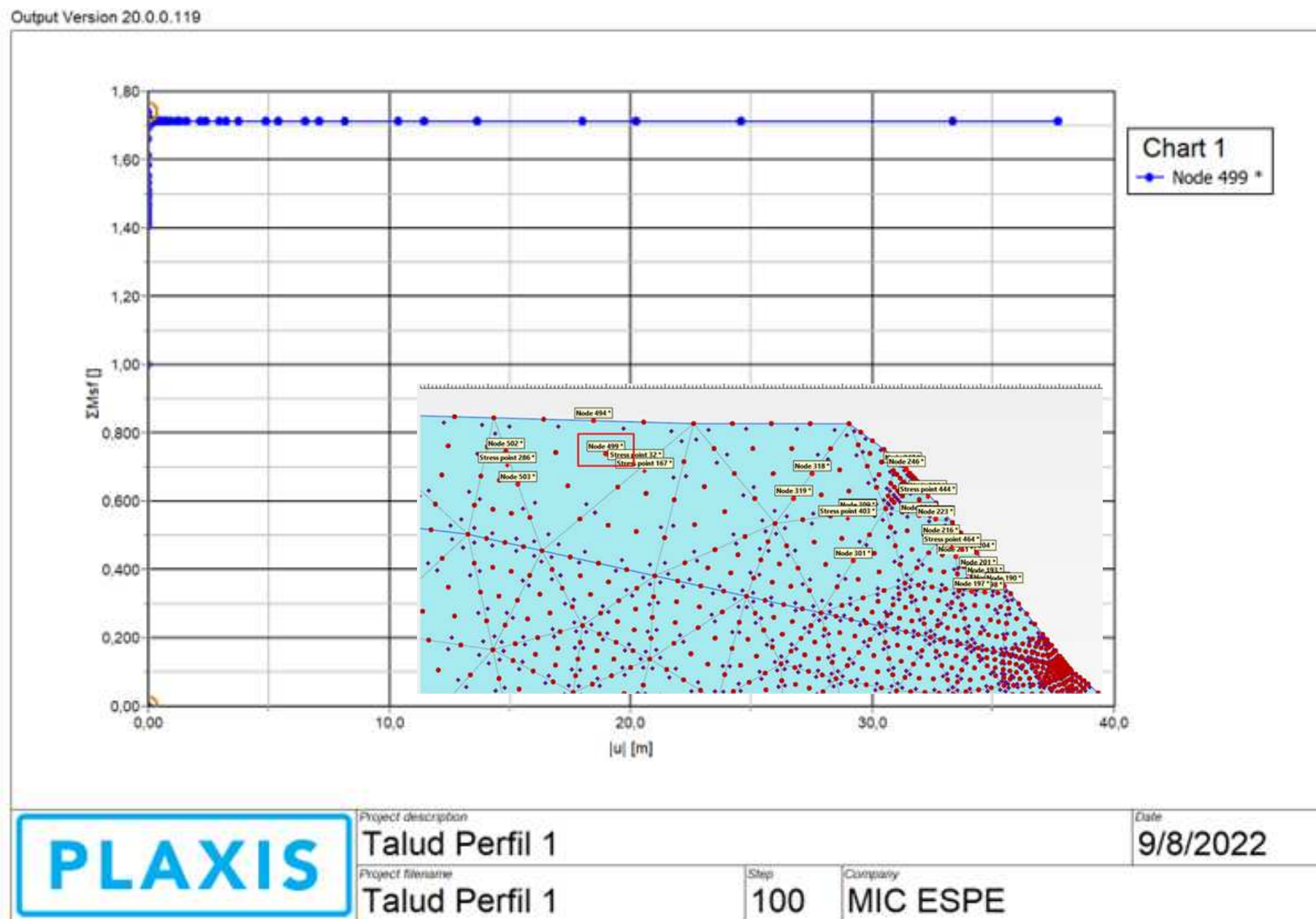
**Perfil 1**



## Gráfico de deformación vs factor de seguridad

*Análisis Nodo corona del Talud*

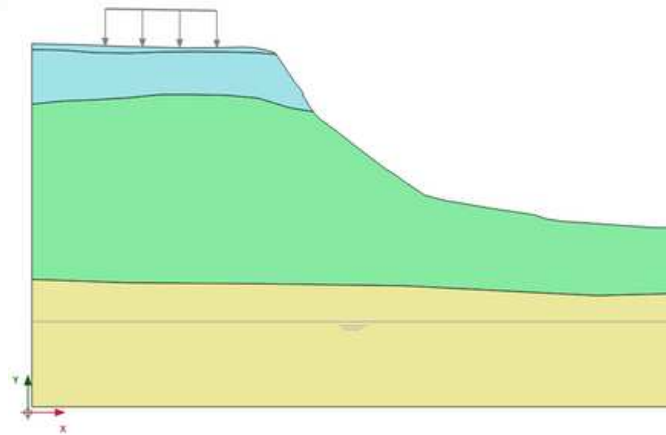
*Análisis Nodo cuerpo del Talud*



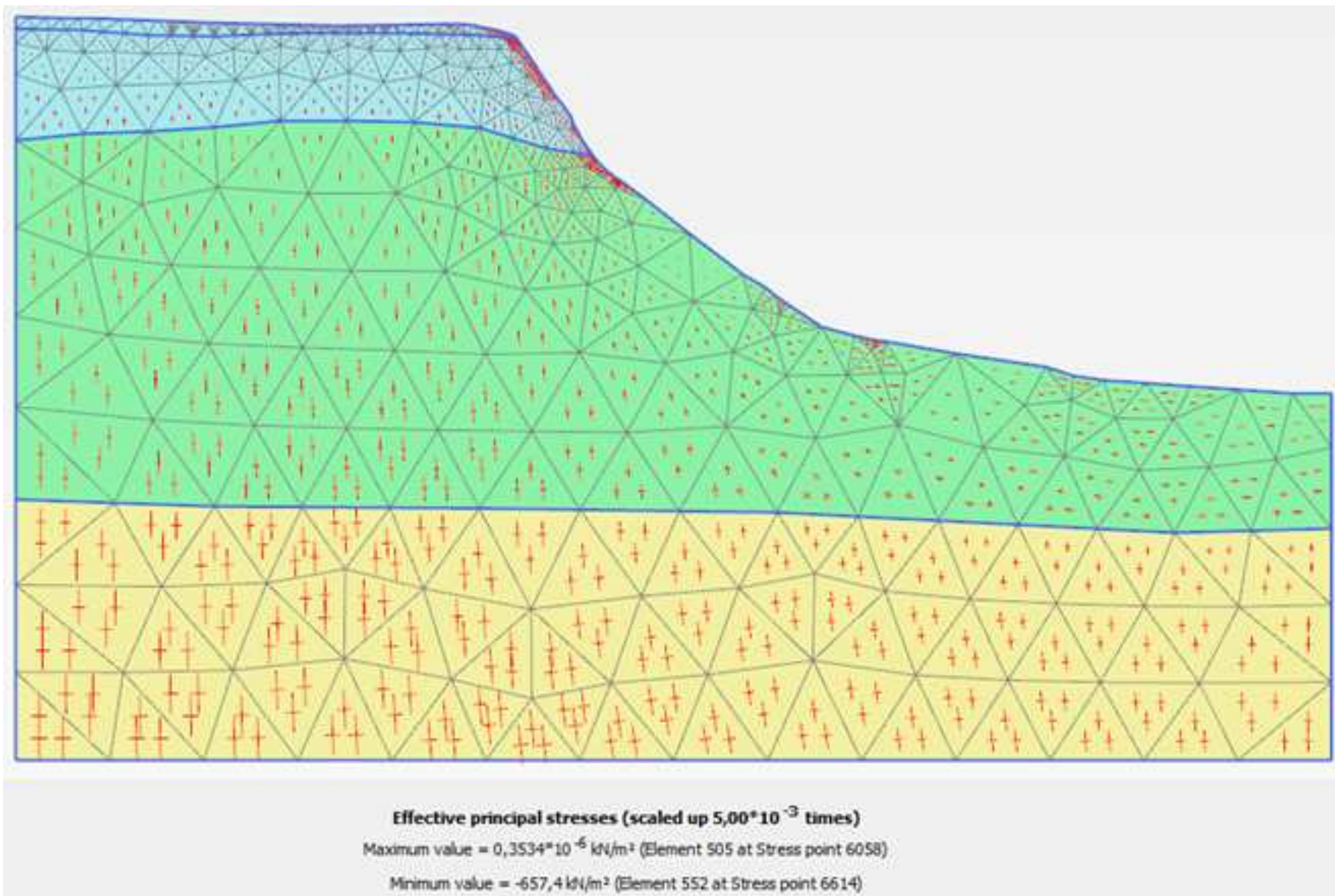


# Resultados de Análisis en Plaxis 2D

Perfil 2

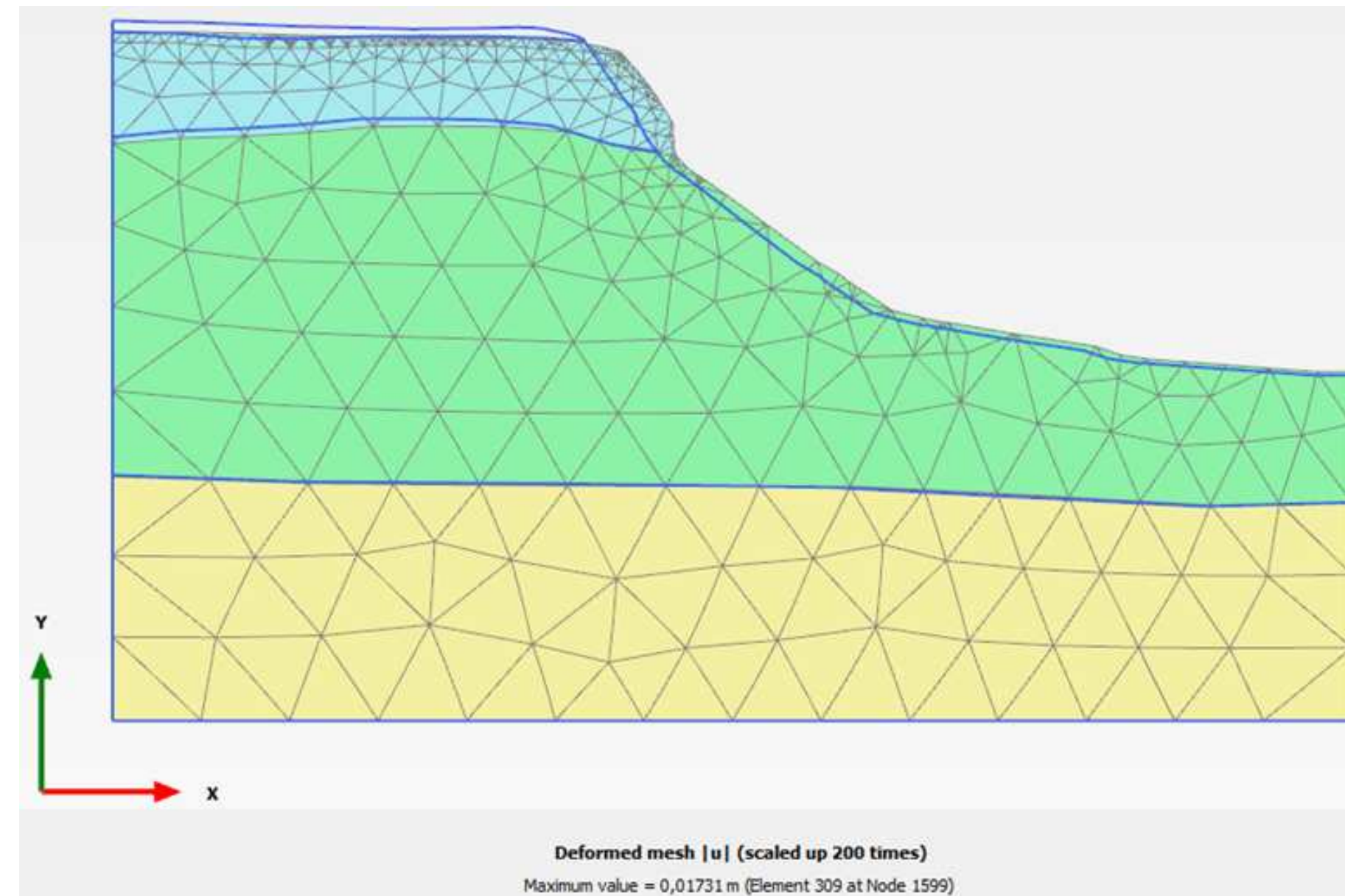


## Esfuerzos Efectivos



Valor máximo =  $0,3534 \cdot 10^{(-6)}$  kN/m<sup>2</sup>  
Valor mínimo = -657,4 kN/m<sup>2</sup>

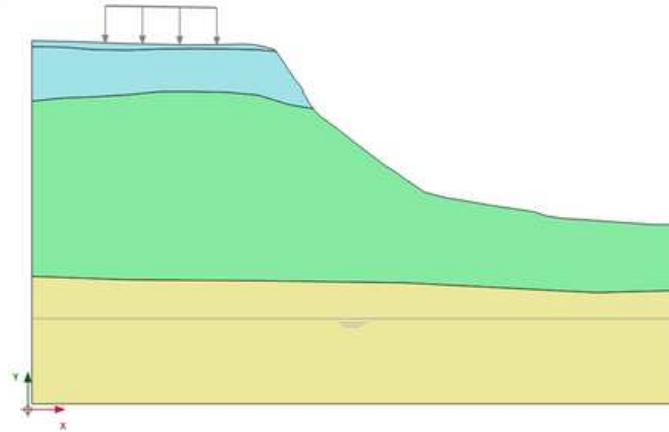
## Deformación de talud



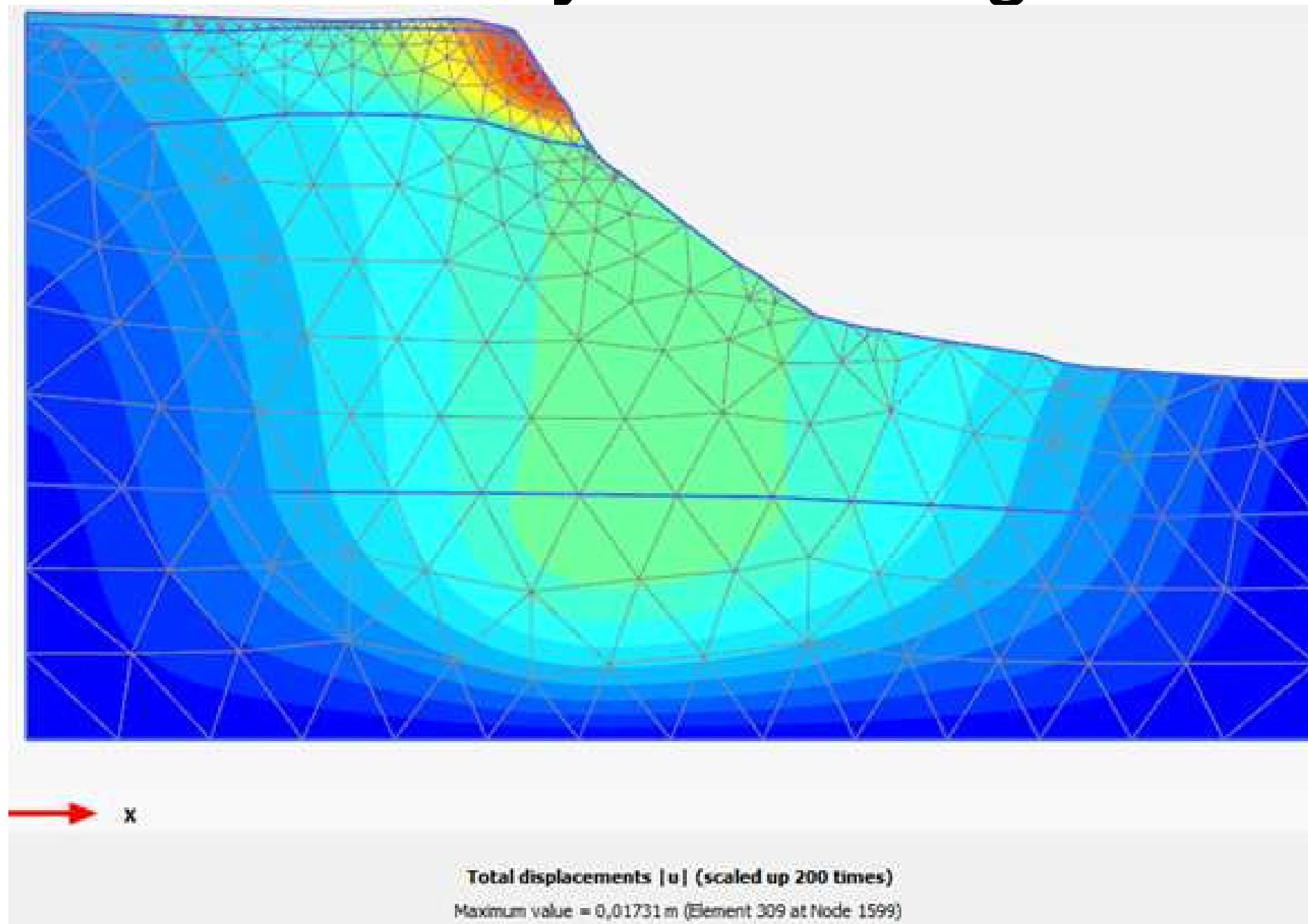
Deformación máxima = 0.0173 m

# Resultados de Análisis en Plaxis 2D

Perfil 2



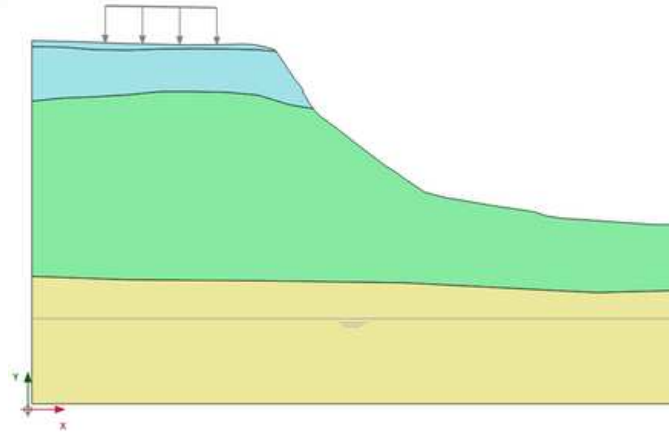
## Plano de falla y factor de seguridad



$$\Sigma Msf = 1,462$$

# Resultados de Análisis en Plaxis 2D

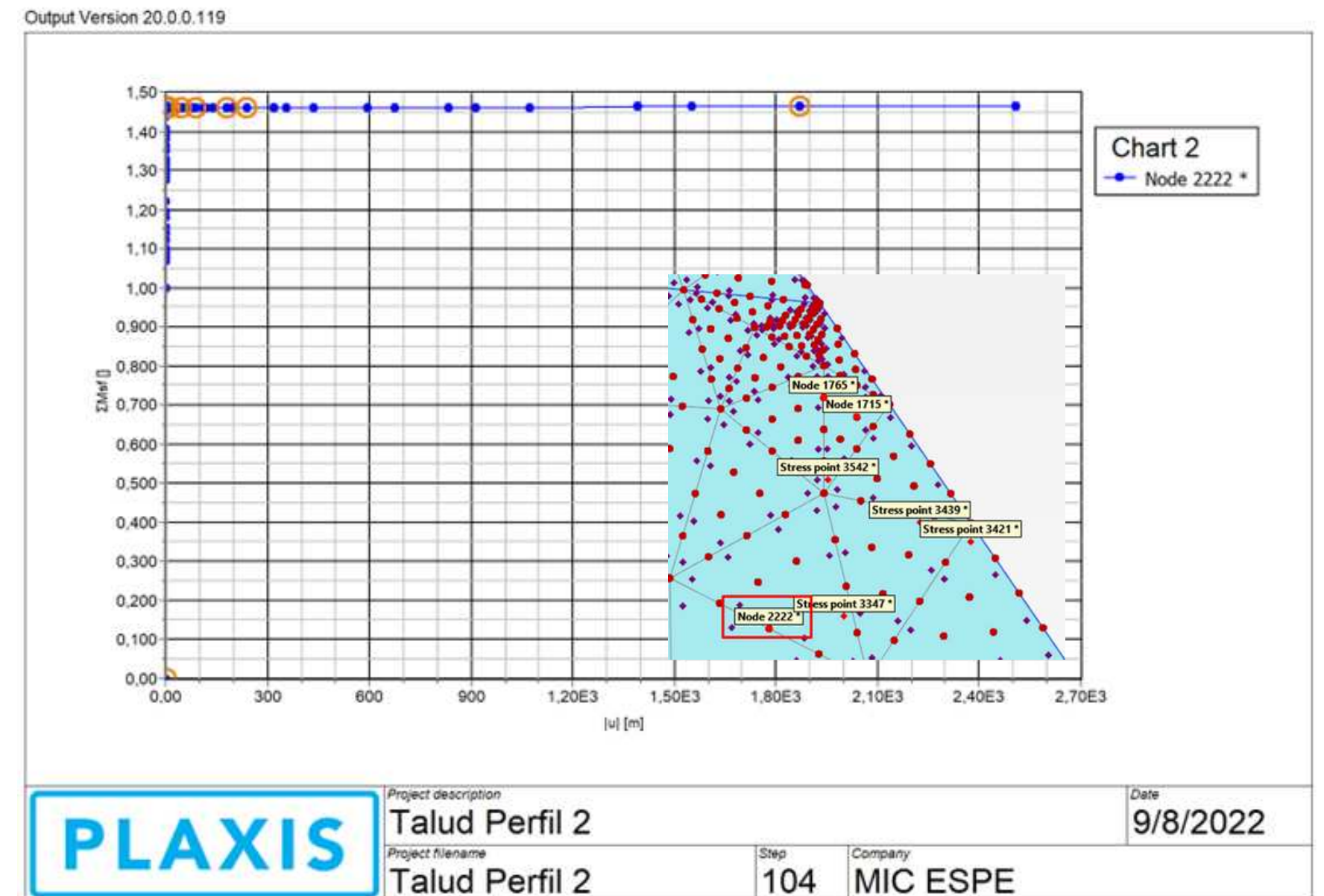
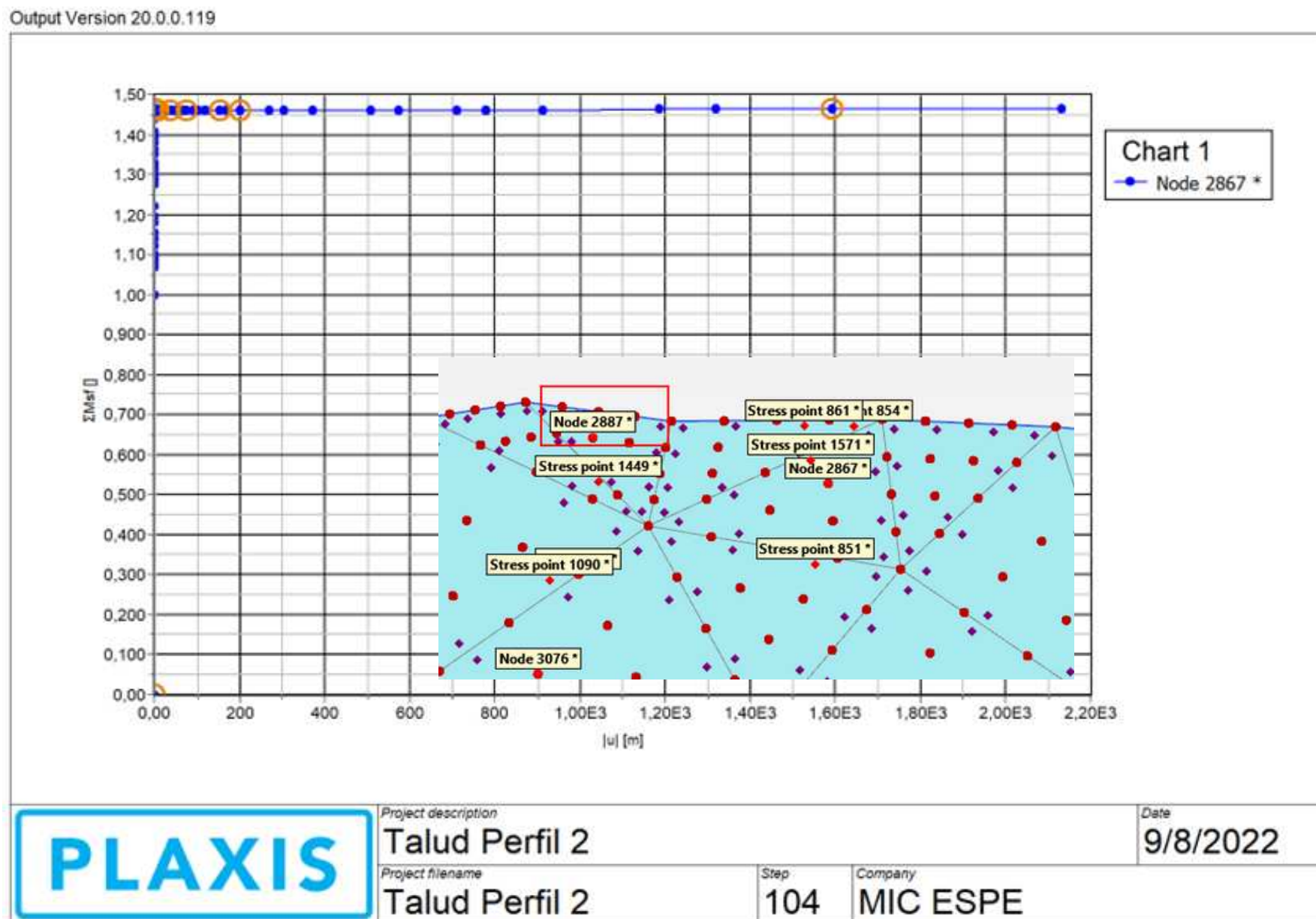
Perfil 2



## Gráfico de deformación vs factor de seguridad

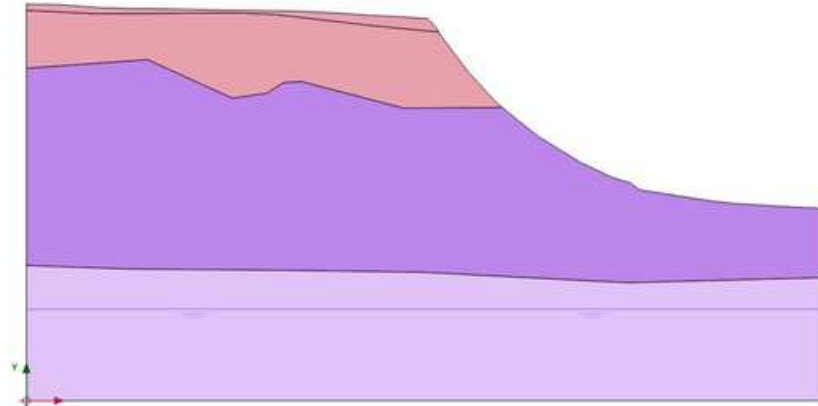
*Análisis Nudo corona del Talud*

*Análisis Nudo cuerpo del Talud*



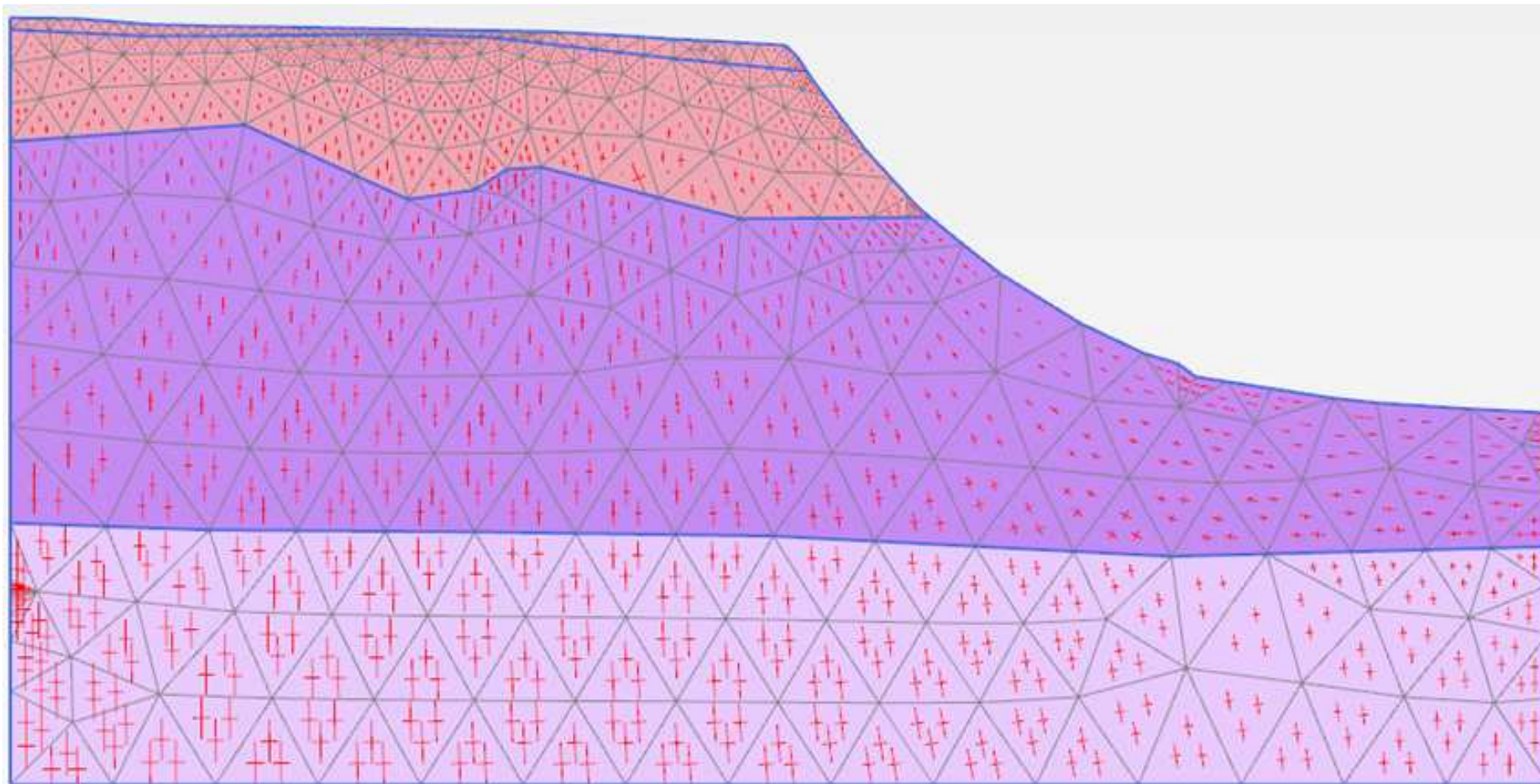
# Resultados de Análisis en Plaxis 2D

Perfil 3

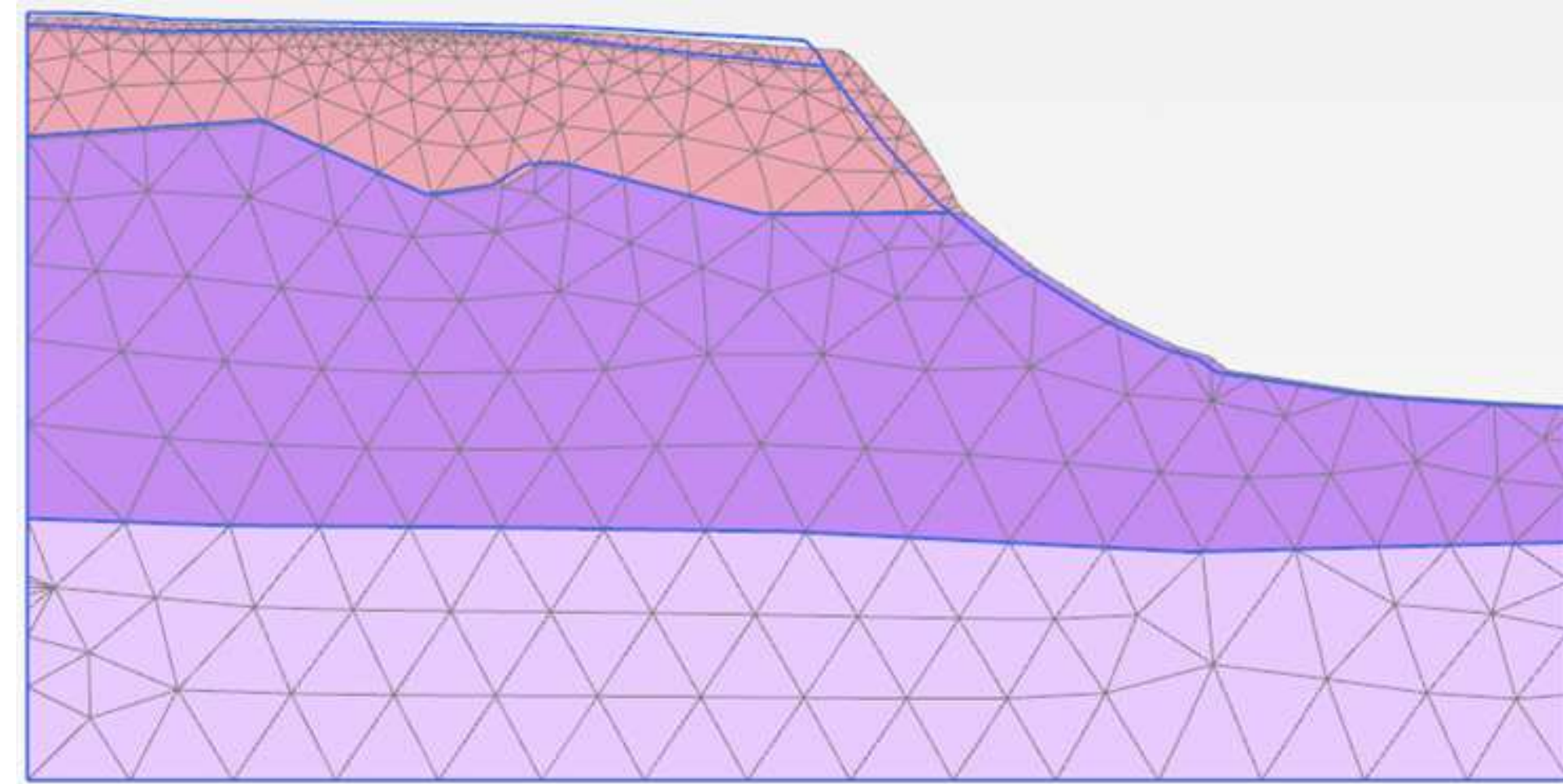


**Esfuerzos Efectivos**

**Deformación de talud**



Effective principal stresses (scaled up  $5,00 \cdot 10^{-3}$  times)  
Maximum value =  $0,9886 \cdot 10^{-6}$  kN/m<sup>2</sup> (Element 271 at Stress point 3243)  
Minimum value = -697,5 kN/m<sup>2</sup> (Element 562 at Stress point 6734)



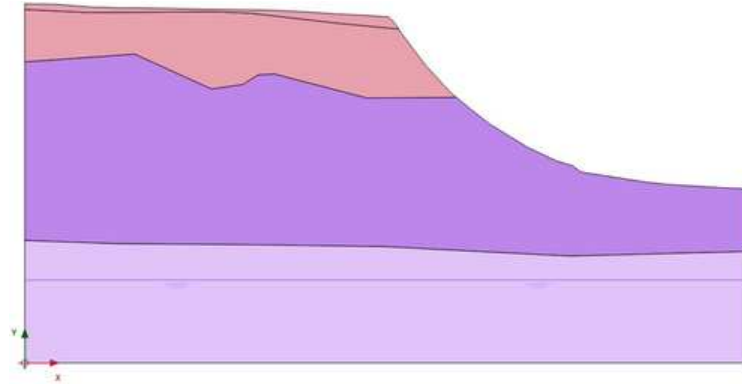
Deformed mesh |u| (scaled up 100 times)  
Maximum value = 0,03293 m (Element 264 at Node 3809)

Valor máximo =  $0,9886 \cdot 10^{-6}$  kN/m<sup>2</sup>  
Valor mínimo = -697,5 kN/m<sup>2</sup>

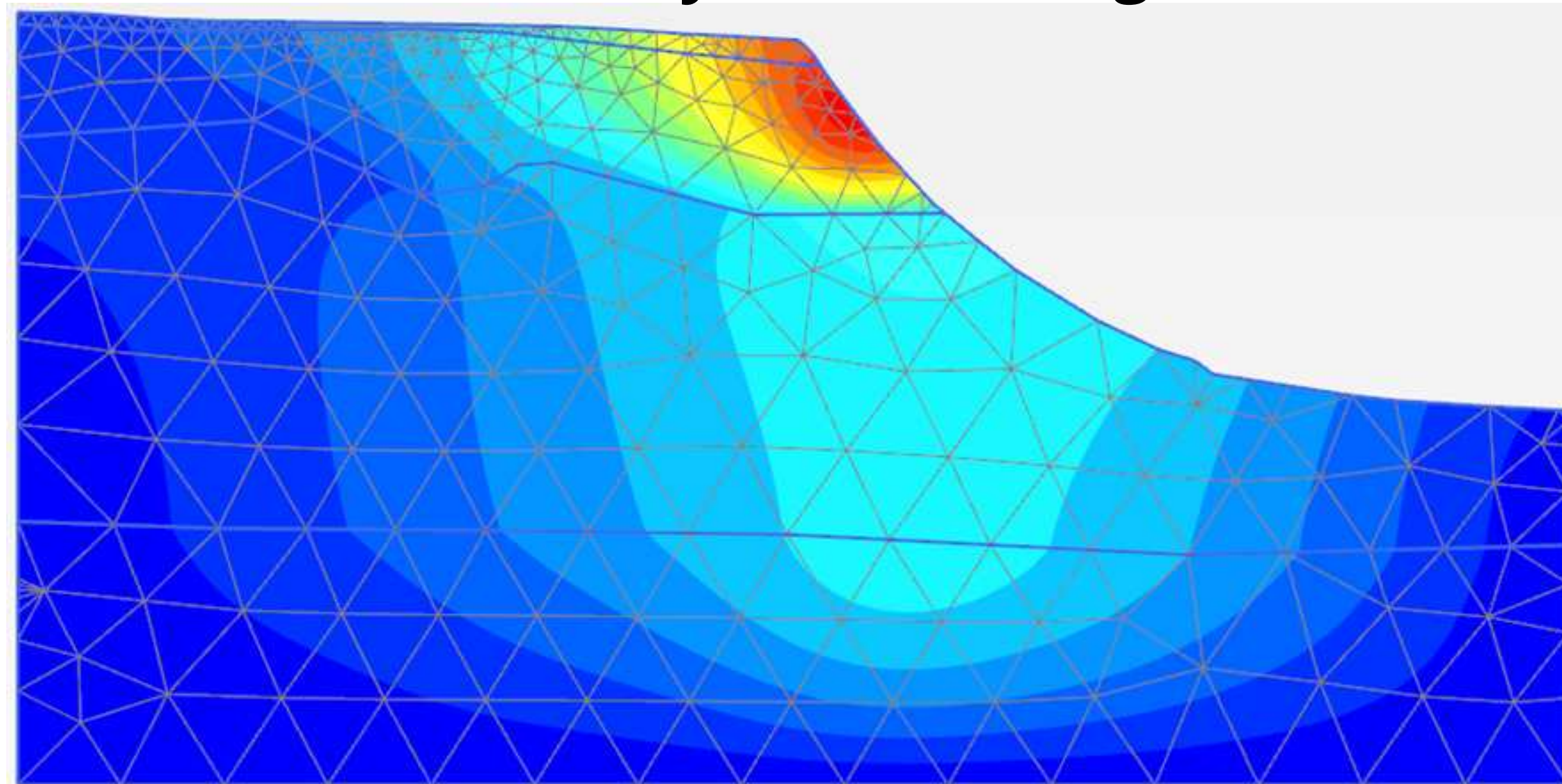
Deformación máxima = 0.0329 m

# Resultados de Análisis en Plaxis 2D

Perfil 3



Plano de falla y factor de seguridad

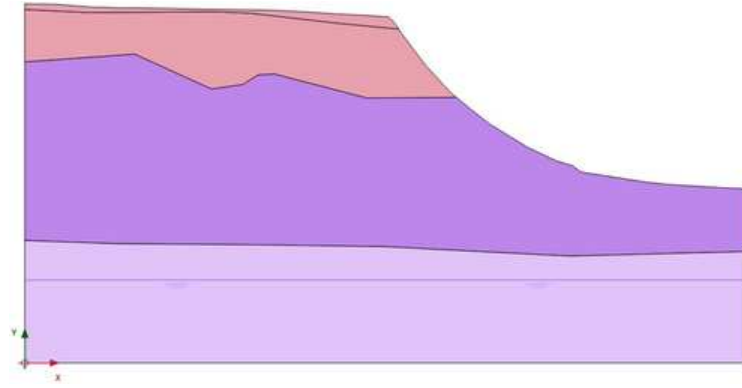


Total displacements |u| (scaled up 100 times)  
Maximum value = 0,03293 m (Element 264 at Node 3809)

$\Sigma Msf = 1,39$

# Resultados de Análisis en Plaxis 2D

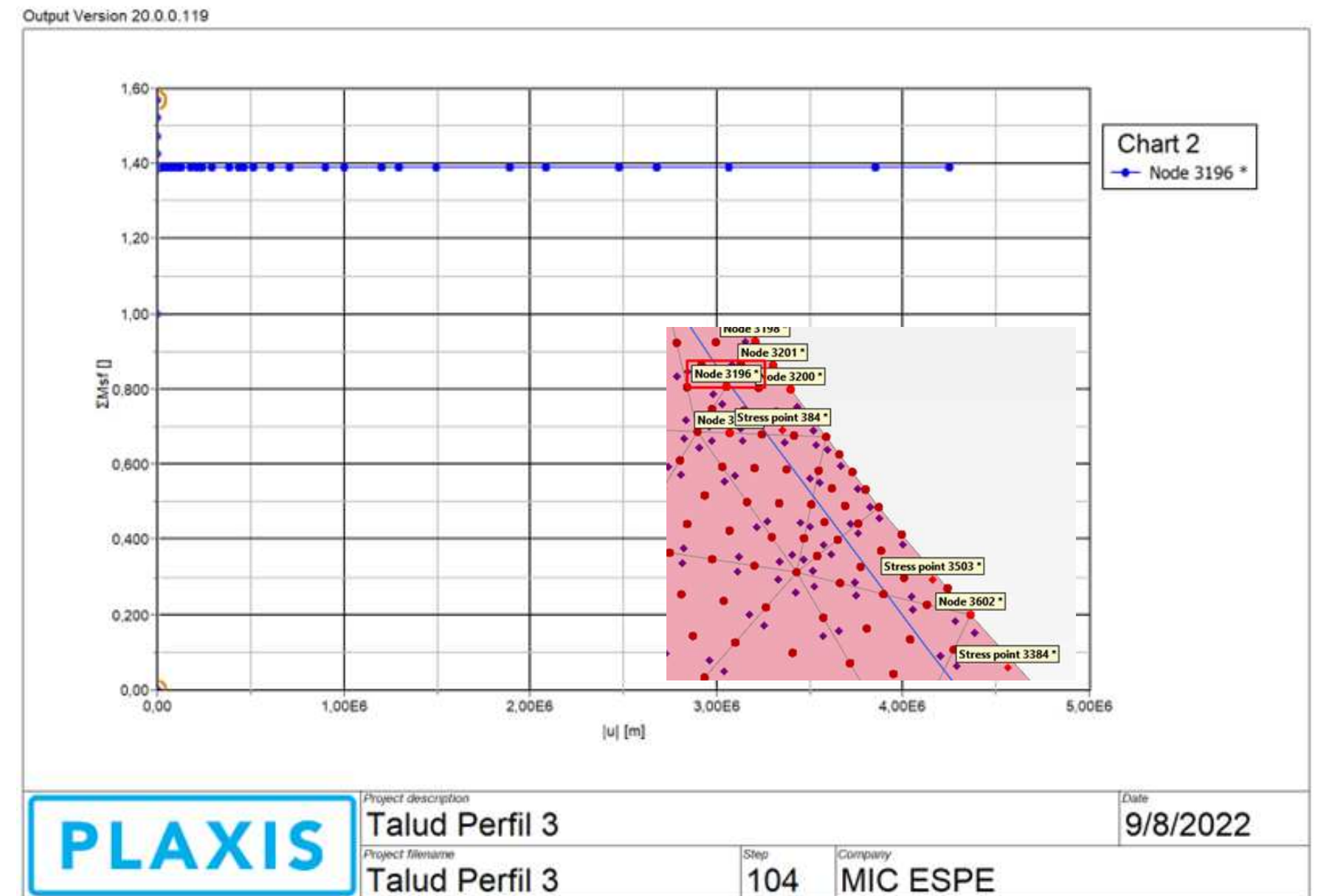
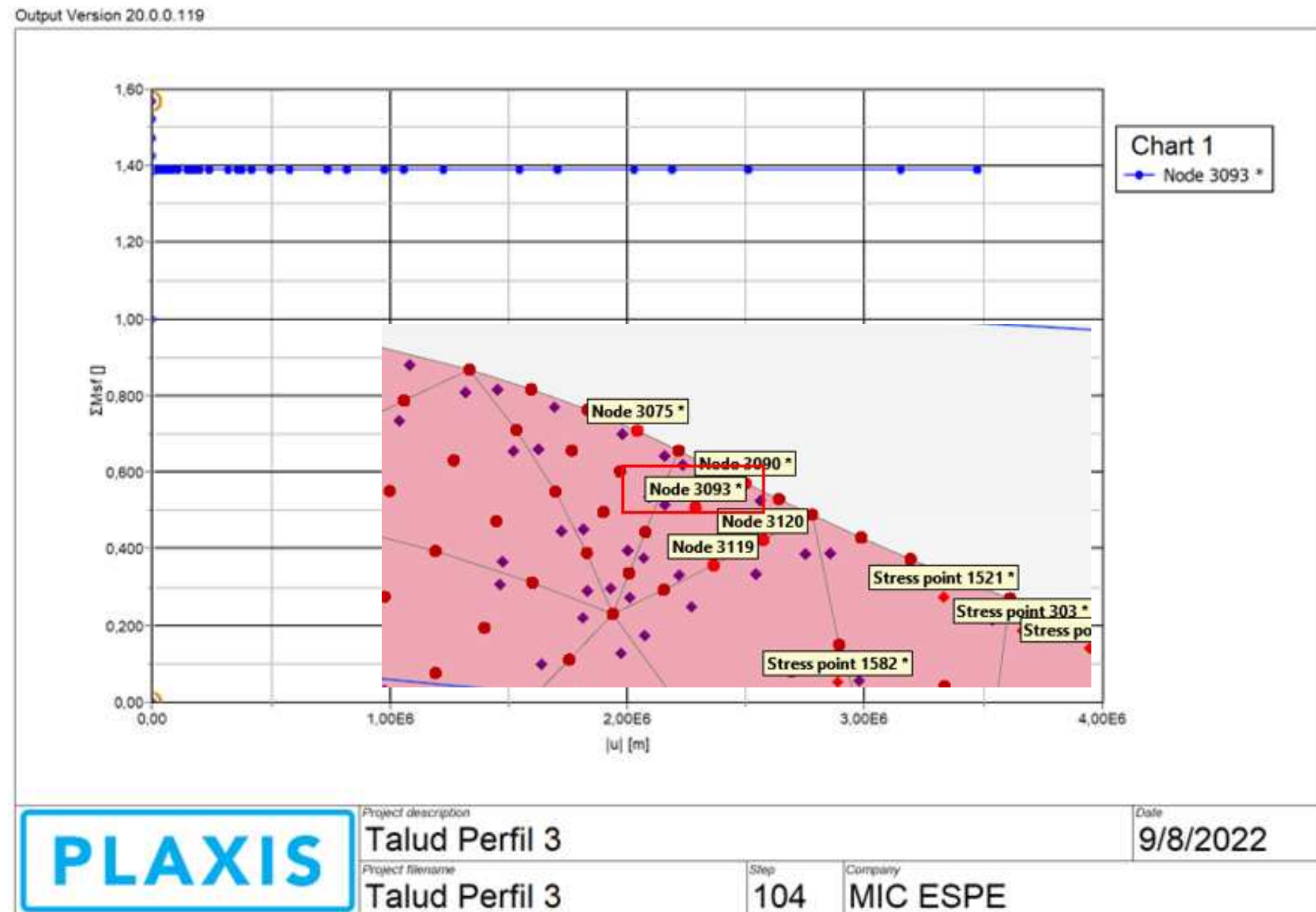
Perfil 3



## Gráfico de deformación vs factor de seguridad

Análisis Nodo corona del Talud

Análisis Nodo cuerpo del Talud



# Modelación en GeoStudio



## Método del Equilibrio Límite

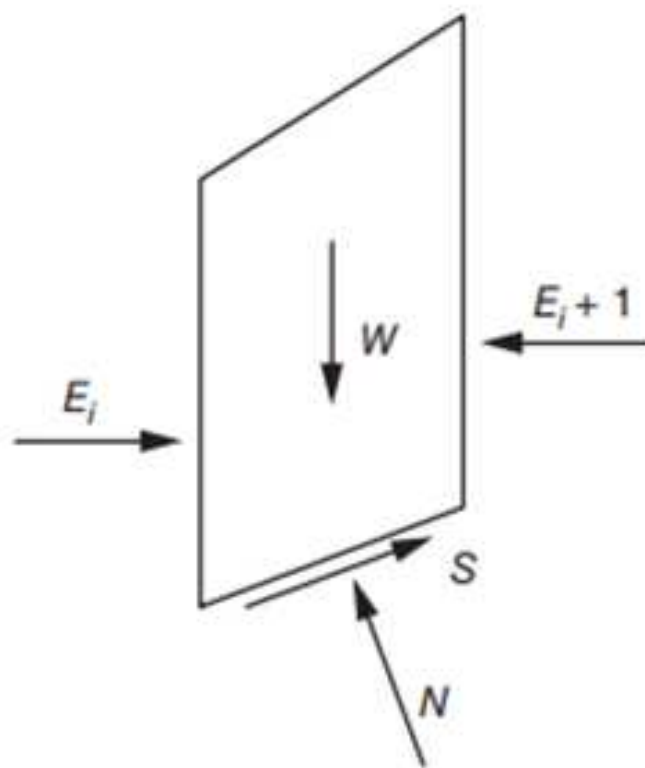
En el equilibrio límite se hace la comparación entre fuerzas y momentos actuantes es decir se basa en el equilibrio estático

## Factor de Seguridad

Expresa la relación entre las fuerzas resistentes del terreno y las inestabilizadoras; o visto de otra forma precisa la relación entre el momento resistente y el momento de vuelco.  $FS=MR/MV$

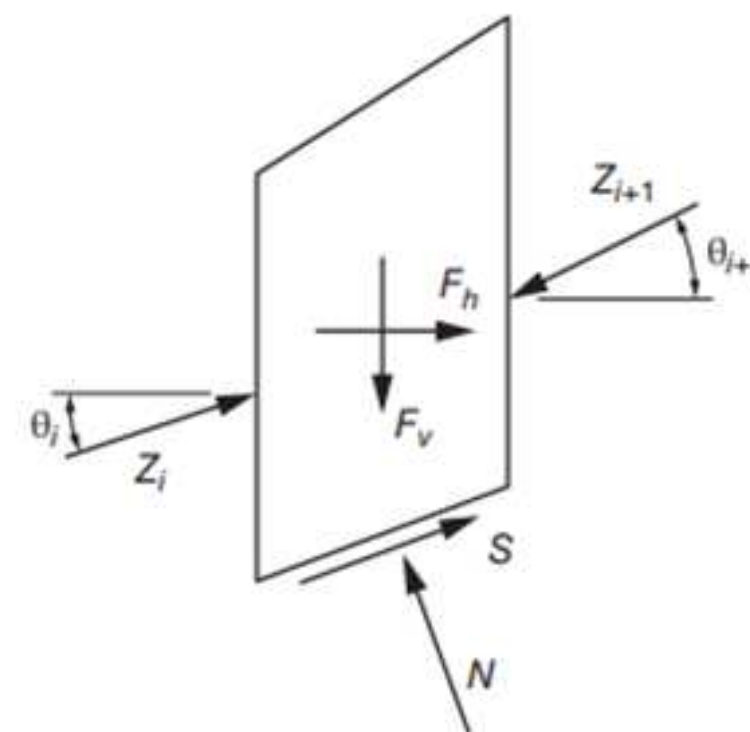
## Método de Bishop Simplificado (1955)

Dovela Bishop



Nota. Tomado de (Duncan, Wright, & Brandon, 2014).

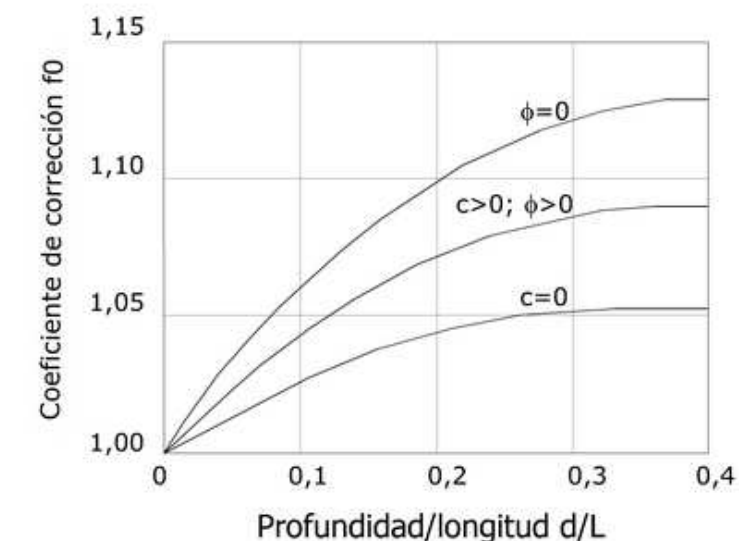
Dovela Janbu



Nota. Tomado de (Duncan, Wright, & Brandon, 2014).

## Método de Janbu (1967)

Factor correctivo Janbu

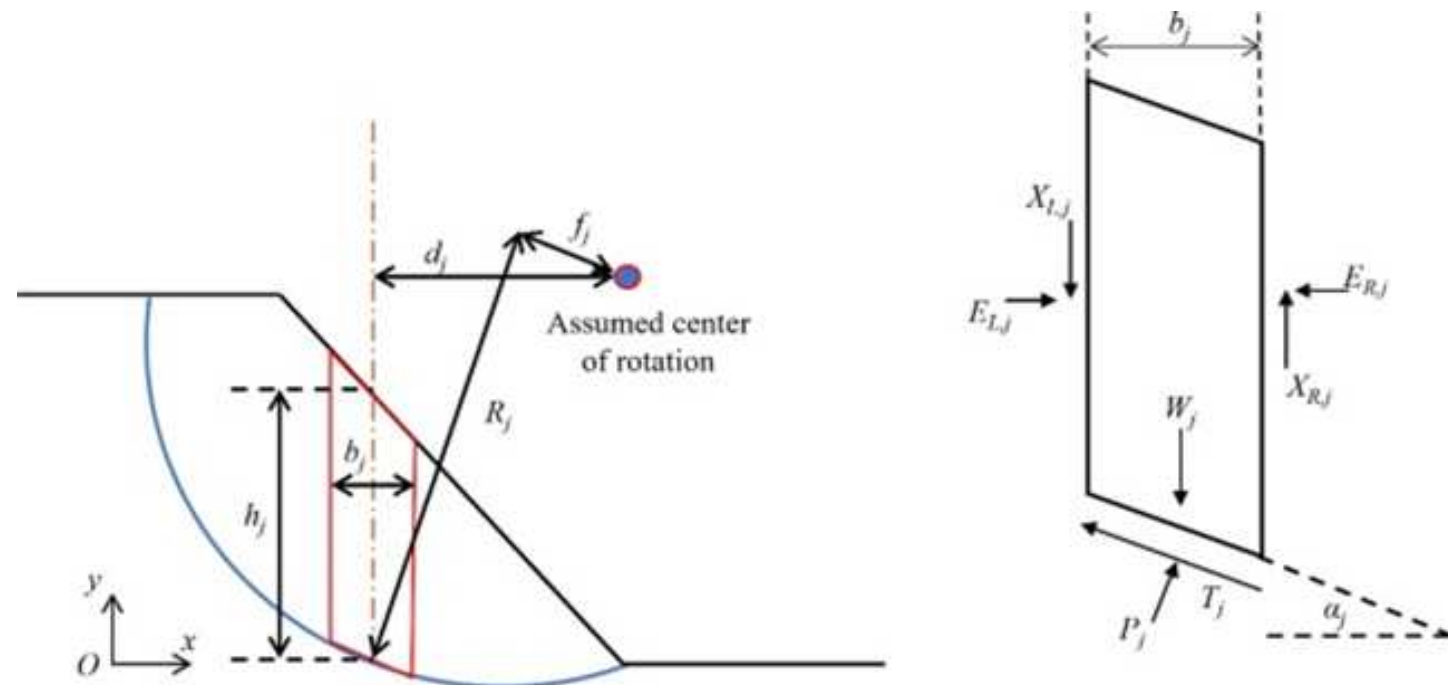


Nota. tomada de (GeoStru, 2015).



# Modelación en GeoStudio

## Método de Morgenstern & Price (1965)



Nota. Tomado de (Ouyang, Liu, & Yang, 2022).

$$X = \lambda f(x)E$$

$f(x)$ : función de fuerza entre cortes que representa la dirección relativa de la fuerza resultante entre cortes.

$\lambda$ : Es un factor de escala

## Consideraciones Sísmicas

Este análisis es una ampliación al equilibrio límite puesto que se introduce la incidencia de la aceleración de un eventual movimiento sísmico

$$F_h = \frac{a_h \cdot W}{g} = k_h \cdot W$$

$$F_v = \frac{a_v \cdot W}{g} = k_v \cdot W$$

$a$ : aceleración del terreno

$W$ : Peso de cada dovela

$g$ : aceleración de la gravedad.

$k_H$  y  $k_V$ : Coeficiente pseudo-estático de aceleración horizontal y vertical

De acuerdo a NEC-SE-CM (2015) tenemos:

$$a_{\max} = ZFa; \quad k_h = \frac{0,6(a_{\max})}{g}; \quad k_v = \frac{2}{3} k_H$$

$Z$ : Factor de Zona

$Fa$ : Coeficiente de amplificación del suelo.





# Modelación en GeoStudio



## Modelación en GeoStudio

GeoStudio en su versión académica permite la modelación para materiales de un medio continuo en modos de falla usando propiedades, índice y mecánicas bajo la condición de equilibrio límite del suelo

Elección del Análisis  
SLOPE/W-Equilibrio  
Limite

Elección del método:  
-Bishop  
-Janbu  
-Morgenstern-Price

Establecer :  
-Dirección del Movimiento  
-Superficie de Deslizamiento  
(Grilla y radio  
-Linea Piezométrica

Importar Geometría  
del terreno

Análisis y obtención del  
plano de falla mas  
probable

Creación Grilla de  
centros y Radios

Cargas externas y  
coeficientes sísmicos

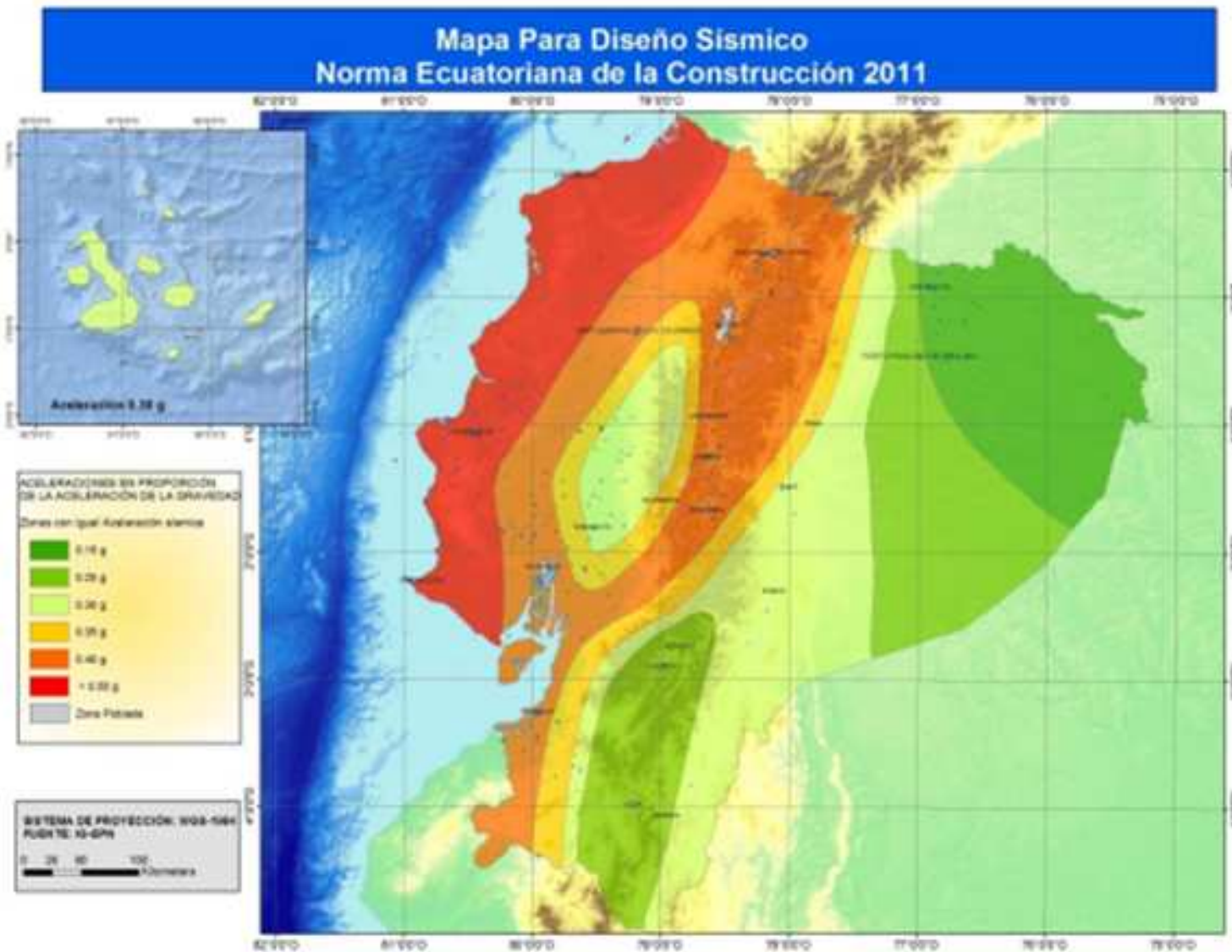
Modelo constitutivo y  
asignación de los  
materiales a cada  
estrato de suelo



# Cargas Sísmicas



Mapa de Diseño Sísmico NEC



Nota. Tomado de (NEC-SE-DS, 2015)

La zona de estudio se encuentra en la zona V con caracterización de peligro sísmico alto  $Z=0,40$

Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,5$
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,4	1,3	1,25	1,23	1,2	1,18
D	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,12
E	1,8	1,5	1,39	1,26	1,14	0,97
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4 NEC-SE-DS					

Nota. Tomado de (NEC-SE-DS, 2015)

De acuerdo al ensayo de sísmica de refracción se obtuvieron velocidades de onda de corte  $V_s-30$  entre 370,50 y 527,30 m/s el cual se clasifica como un suelo tipo C, de donde  $F_a=1,2$ .

$$a = Z \cdot f_a$$

$$a = 0,40(1,20) = 0,48g$$

$$k_H = \frac{0,6(0,48g)}{g} = 0,29$$

$$k_V = \frac{2}{3} k_H = 0,19$$



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

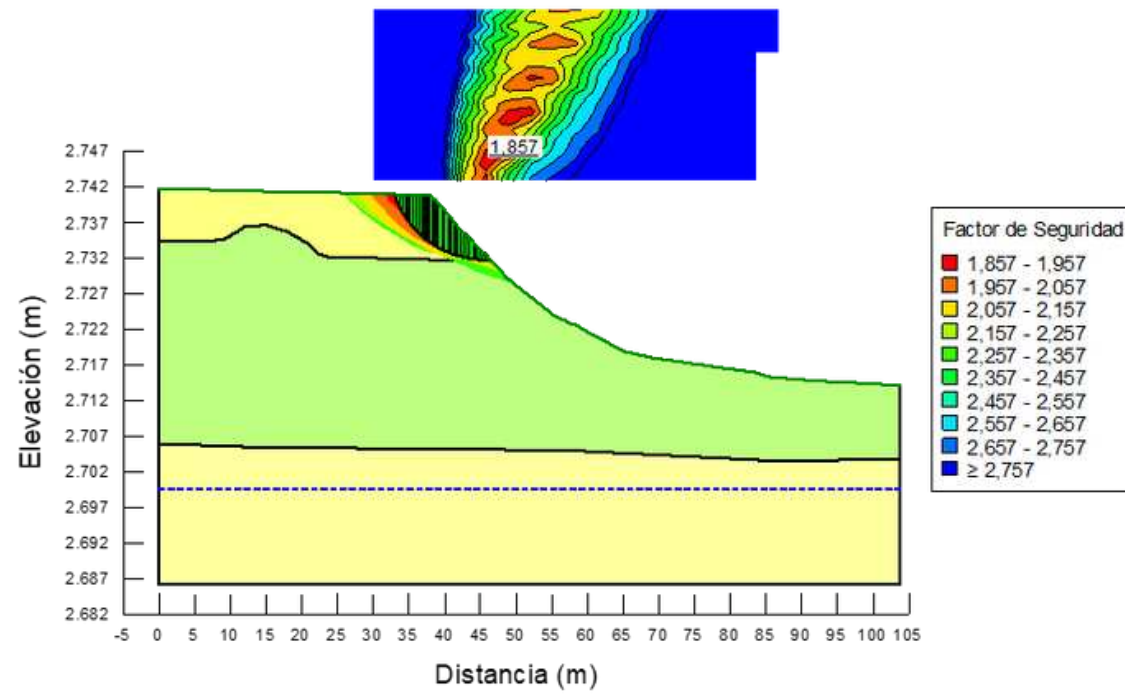


# Resultados de Análisis GeoSlope Perfil 1

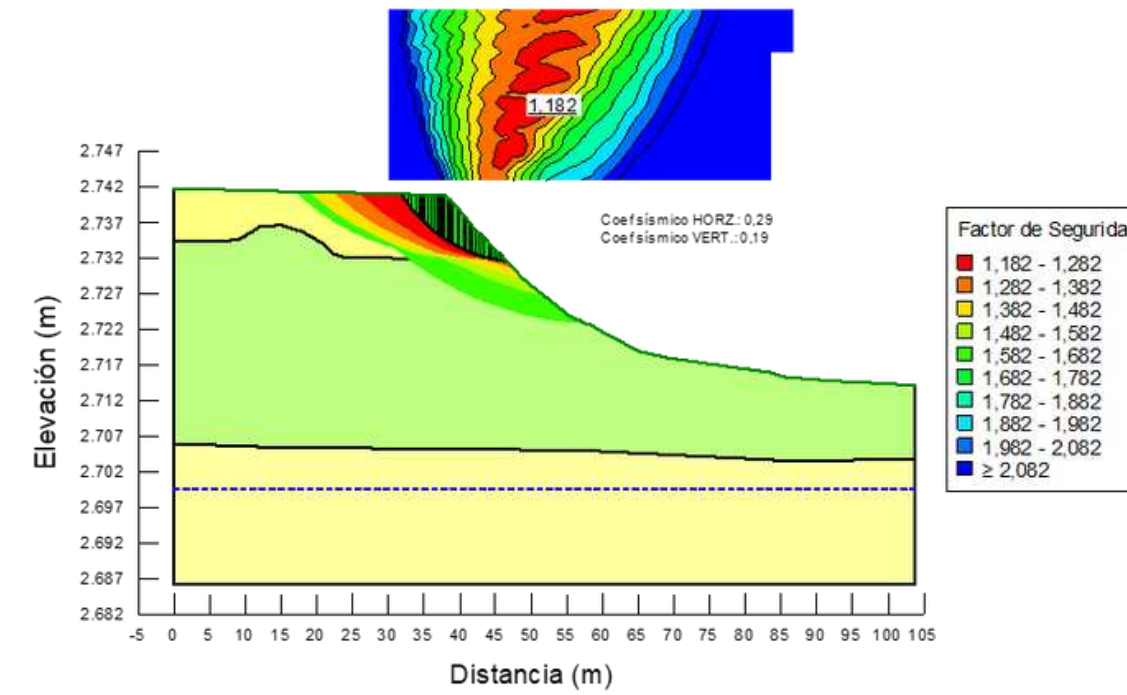


## Metodo de Bishop

Análisis Estático Bishop FS=1,857

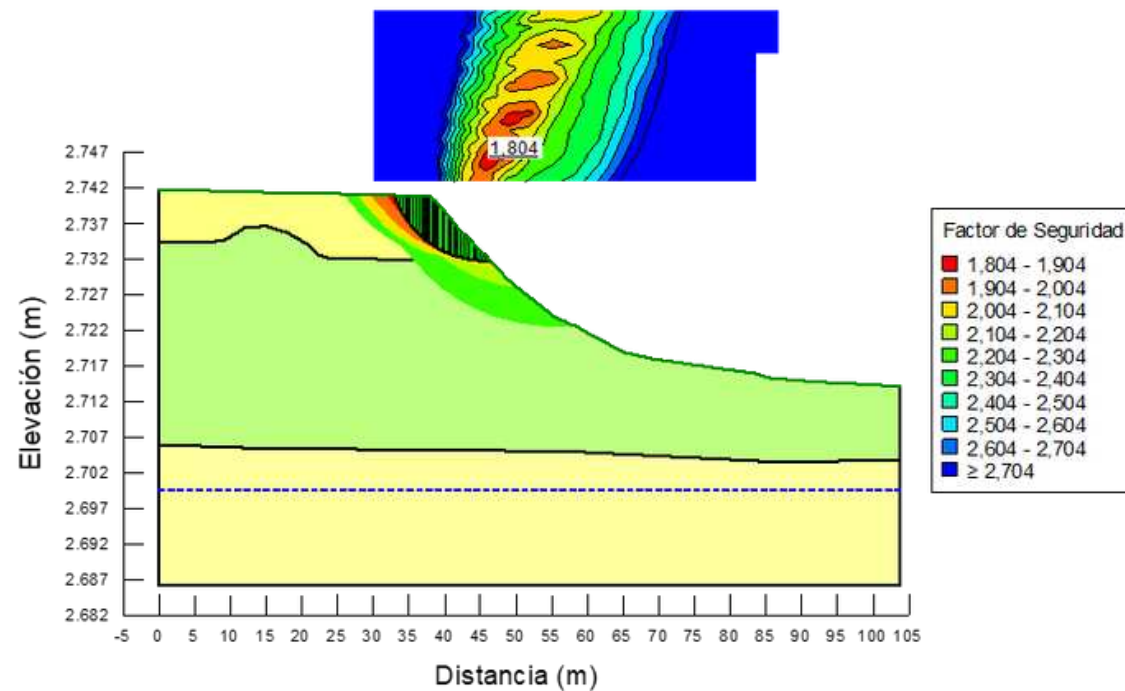


Análisis Pseudo-estático Bishop FS=1,182

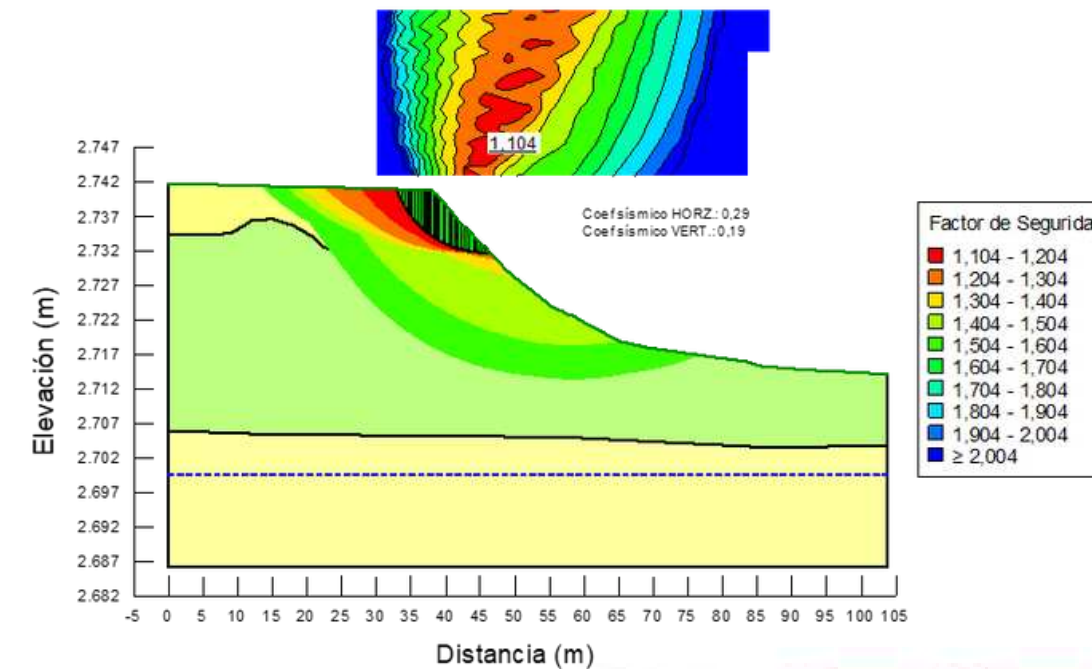


## Metodo de Janbu

Análisis Estático Janbu FS=1,804



Análisis Pseudo-estático Janbu FS=1,104

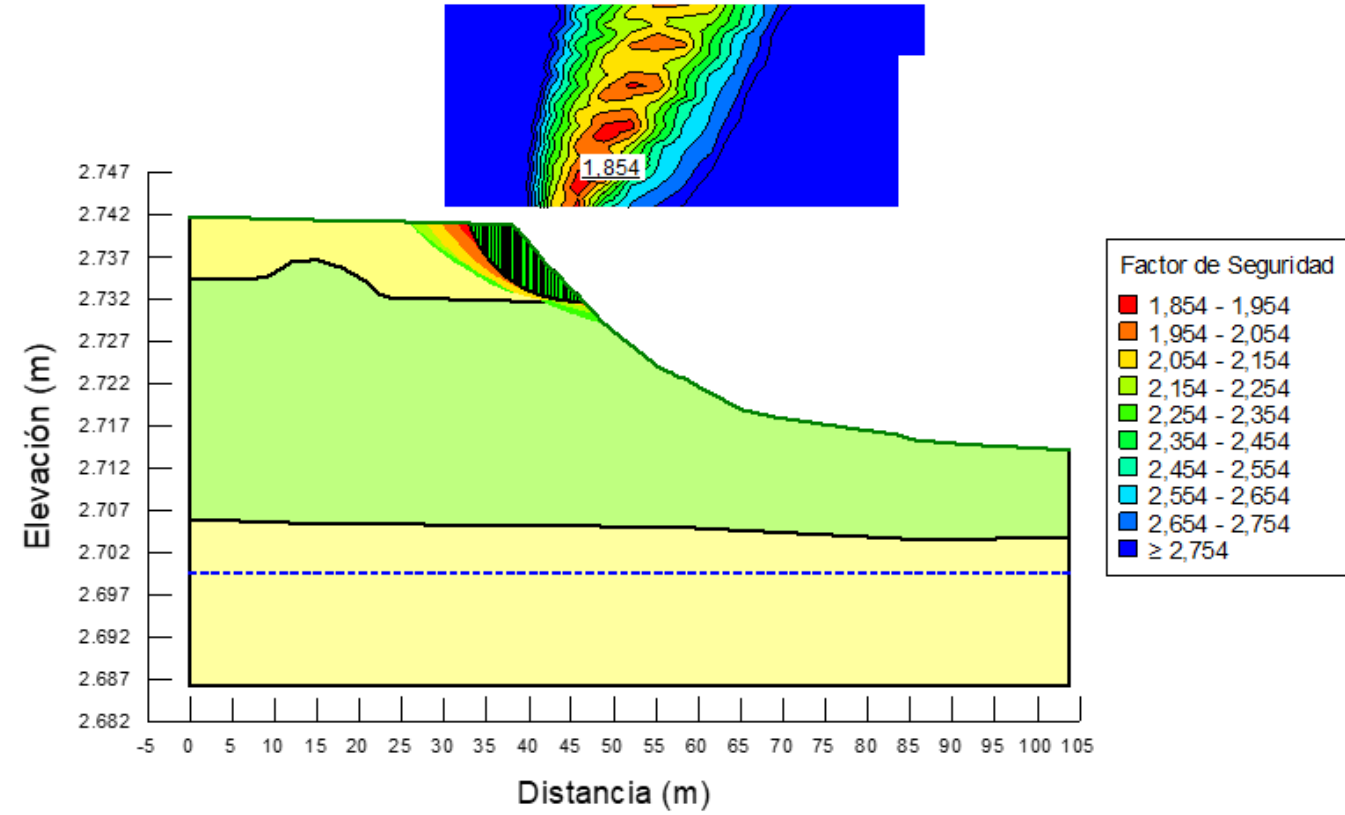


# Resultados de Análisis GeoSlope Perfil 1

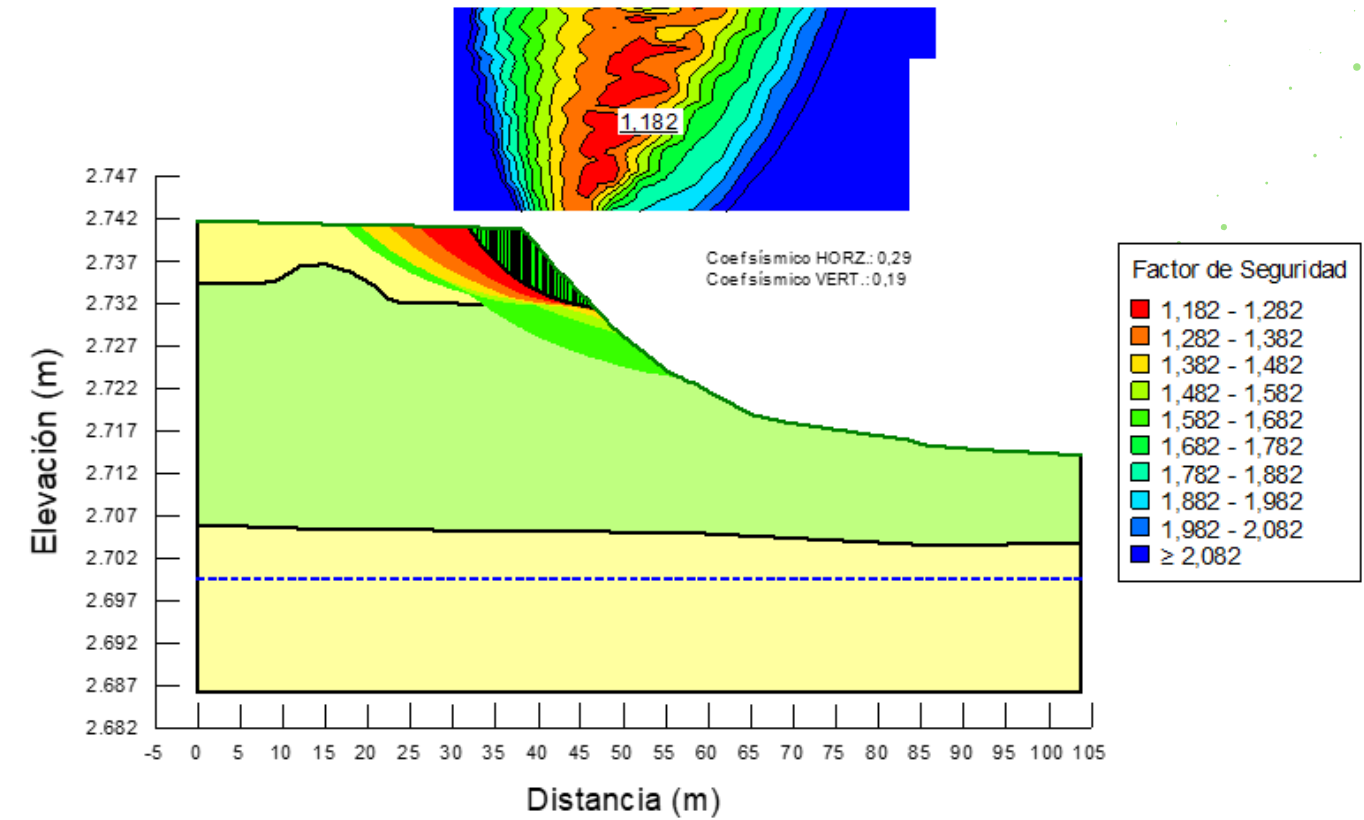


## Morgenstern & Price - Perfil 1

Análisis Estático Morgenstern & Price FS=1,854



Análisis Pseudo-estático Morgenstern-Price FS=1,182



## Resumen Resultados Perfil-1

	Bishop	Janbu	Morgenstern & Price
Condición estática	1,857	1,804	1,854
Condición Pseudo-estática	1,182	1,104	1,182



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

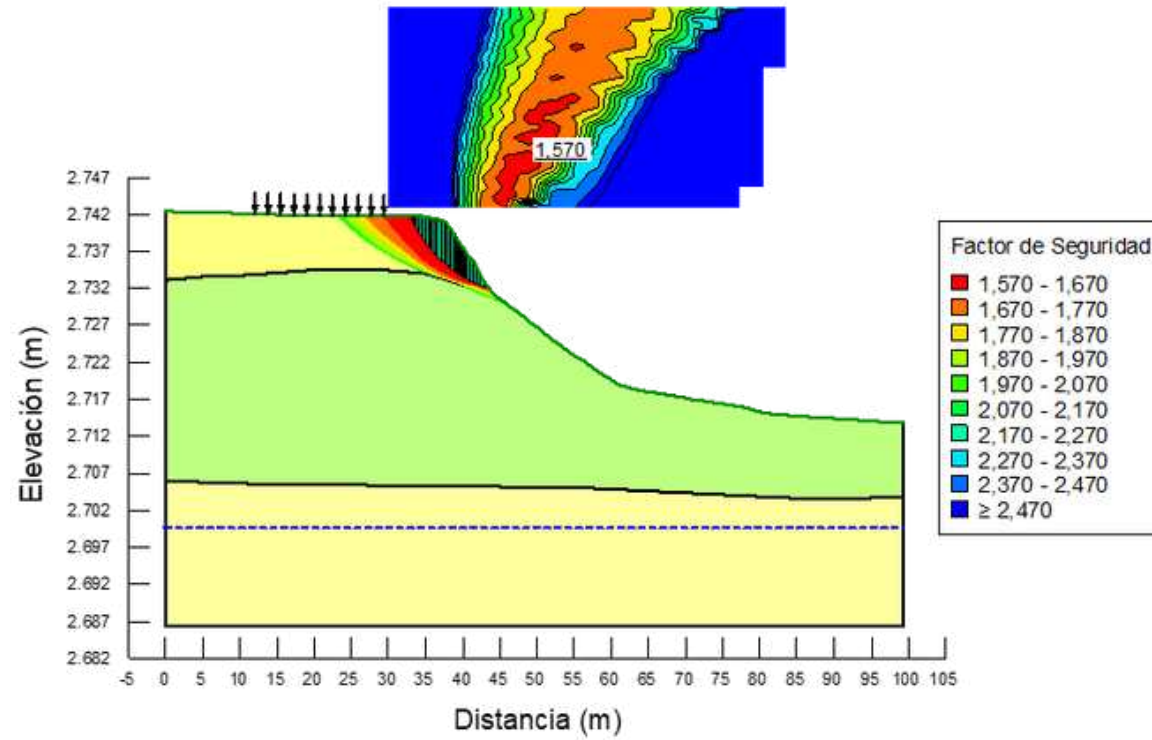


# Resultados de Análisis GeoSlope Perfil 2

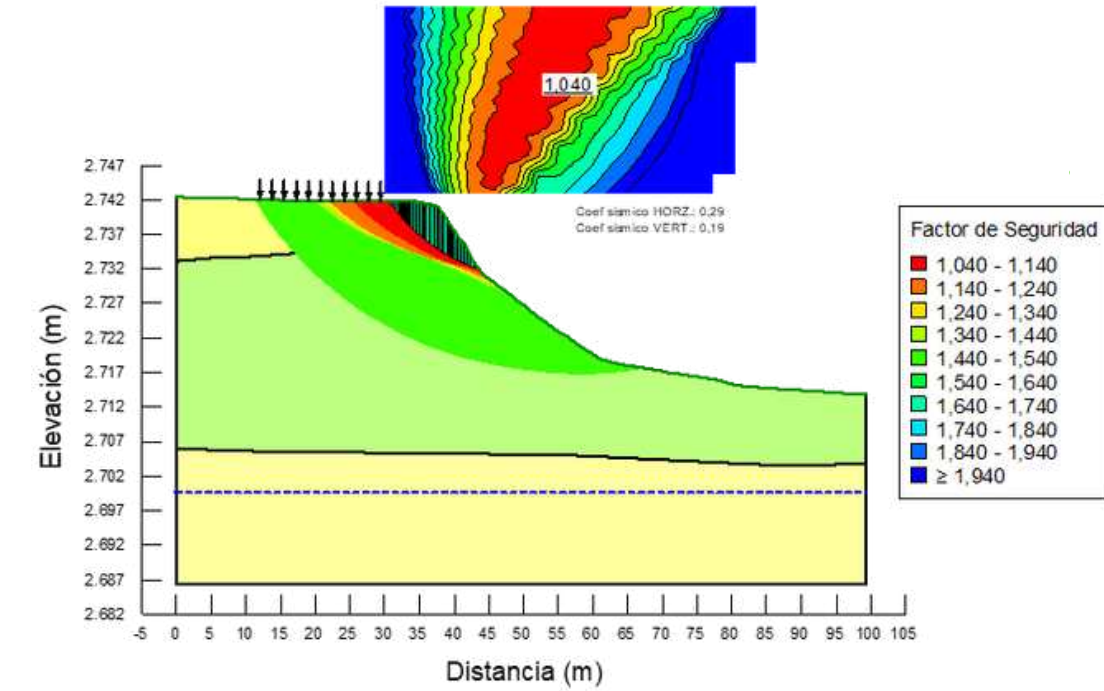


## Bishop - Perfil 2

Análisis Estático Bishop FS=1,570

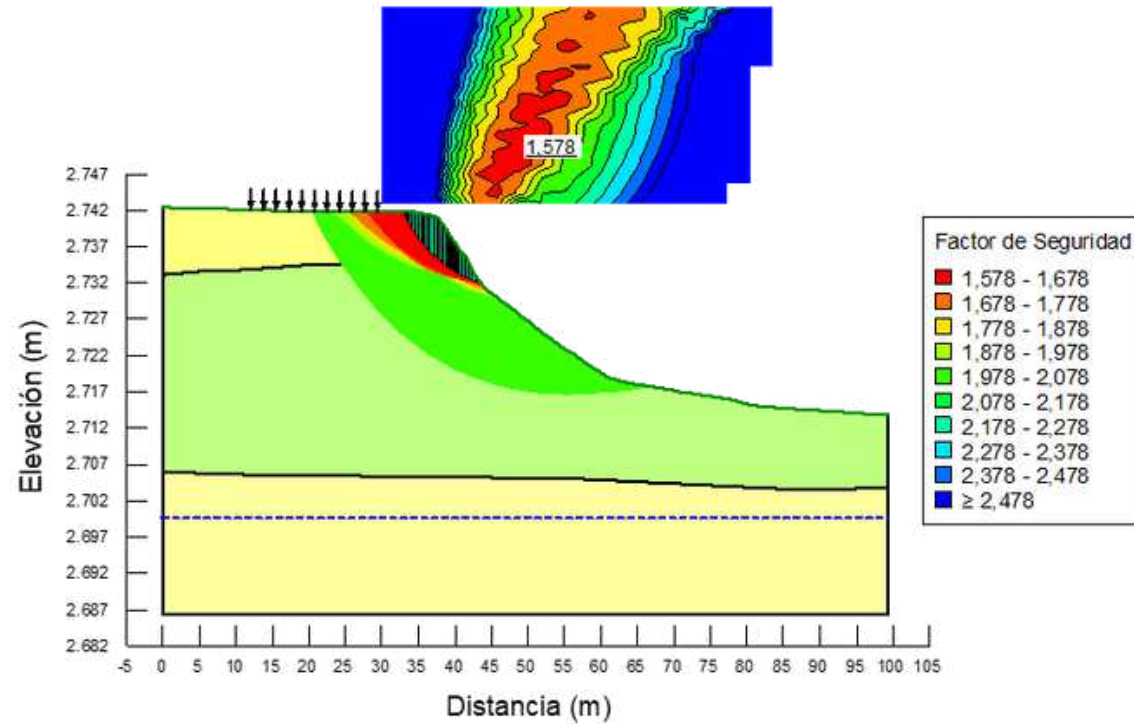


Análisis Pseudo-estático Bishop FS=1,040

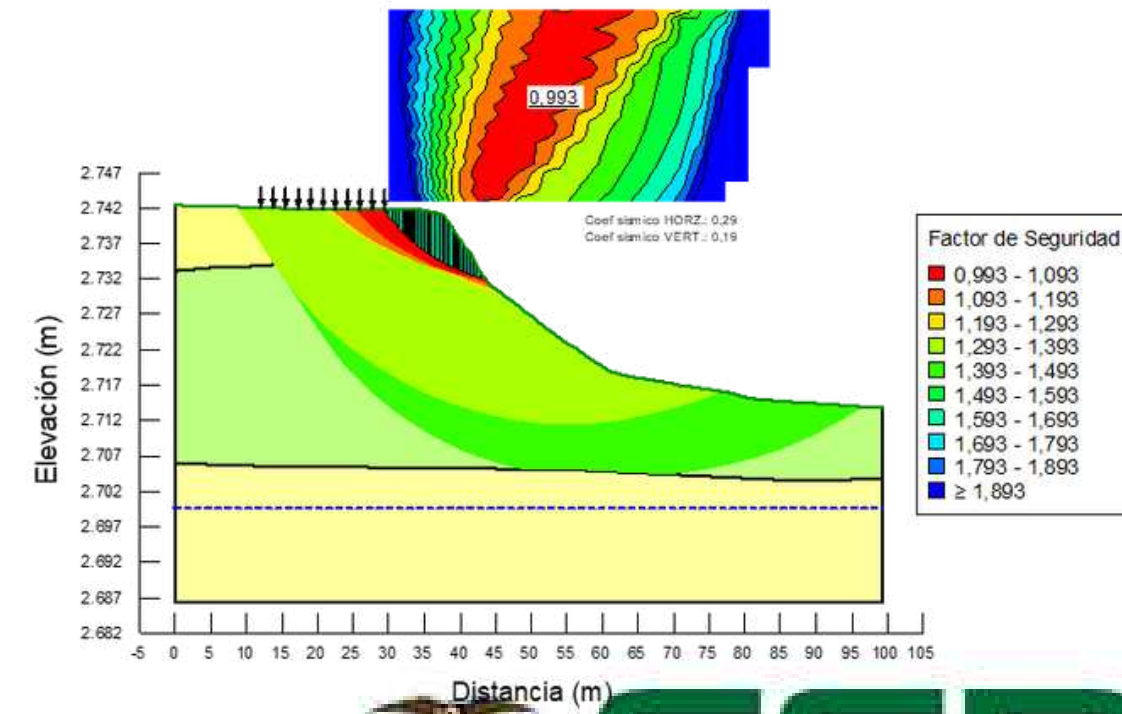


## Janbu - Perfil 2

Análisis Estático Janbu FS=1,578



Análisis Pseudo-estático Janbu FS=0,993

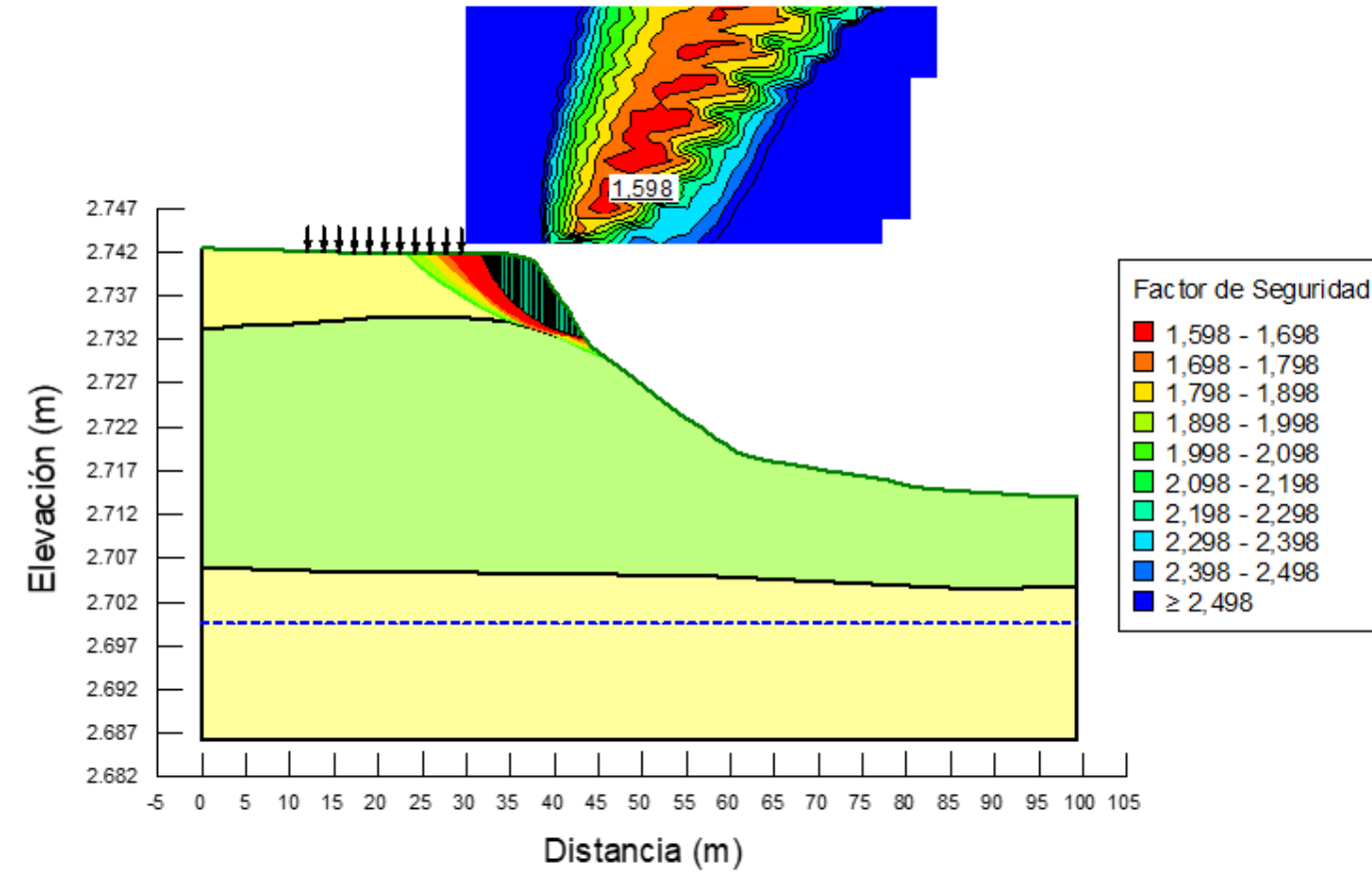


# Resultados de Análisis GeoSlope Perfil 2

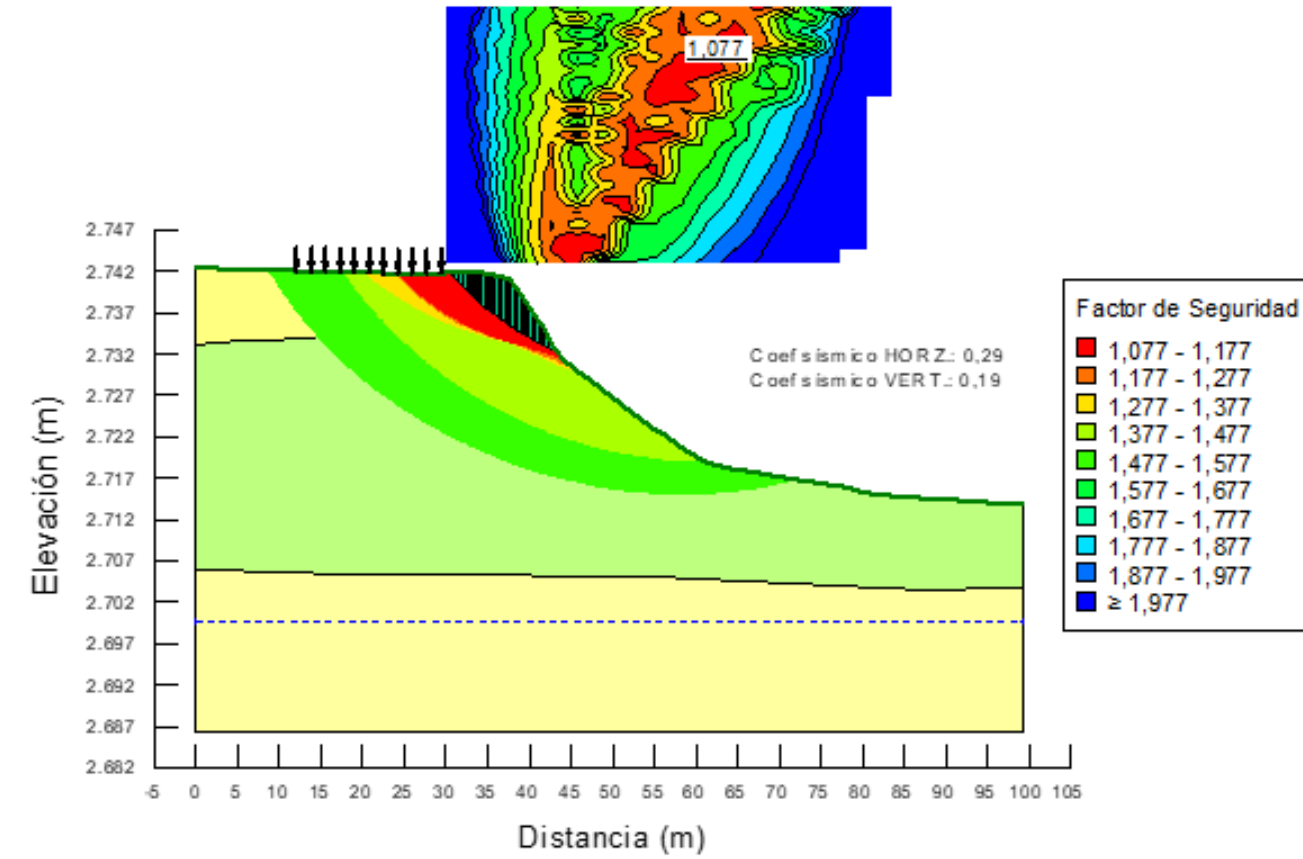


## Morgenstern & Price - Perfil 2

Análisis Estático Morgenstern & Price FS=1,598



Análisis Pseudo-estático Morgenstern-Price FS=1,077



## Resumen Resultados Perfil-2

	Bishop	Janbu	Morgenstern & Price
Condición estática	1,57	1,578	1,598
Condición Pseudo-estática	1,04	0,993	1,077

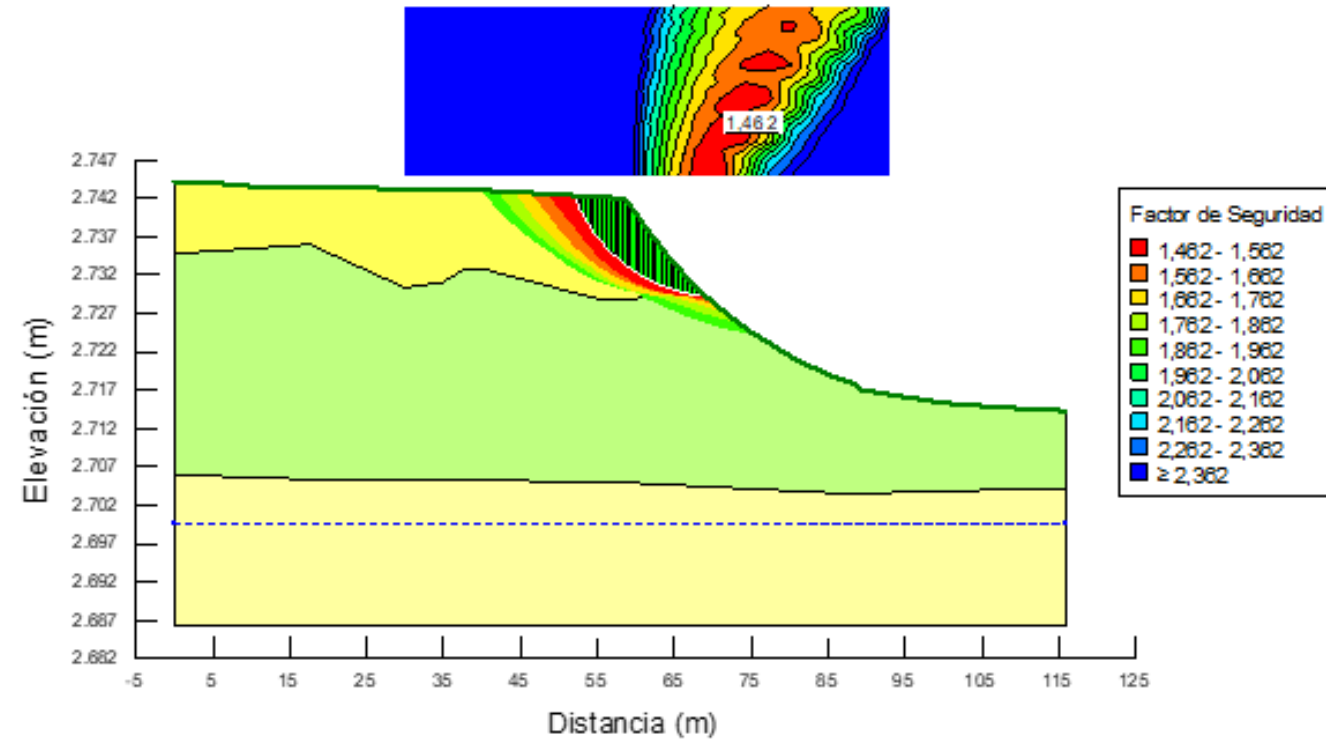


# Resultados de Análisis GeoSlope Perfil 3

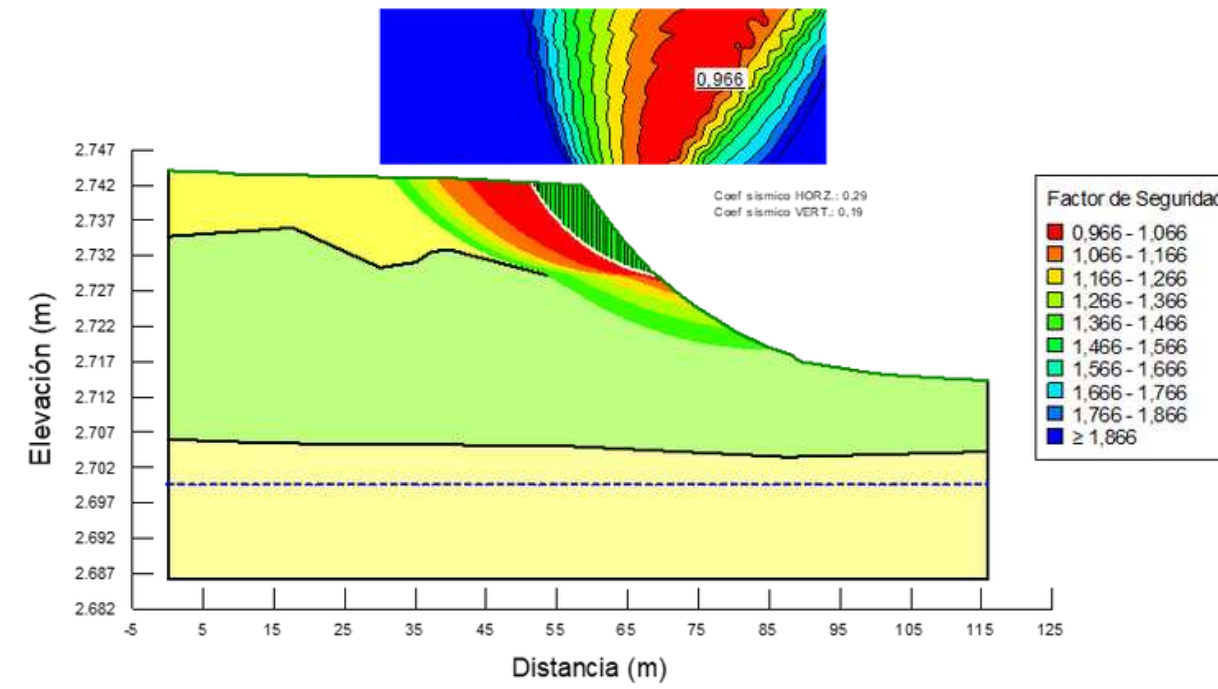


## Bishop Perfil-3

Análisis Estático Bishop FS=1,462

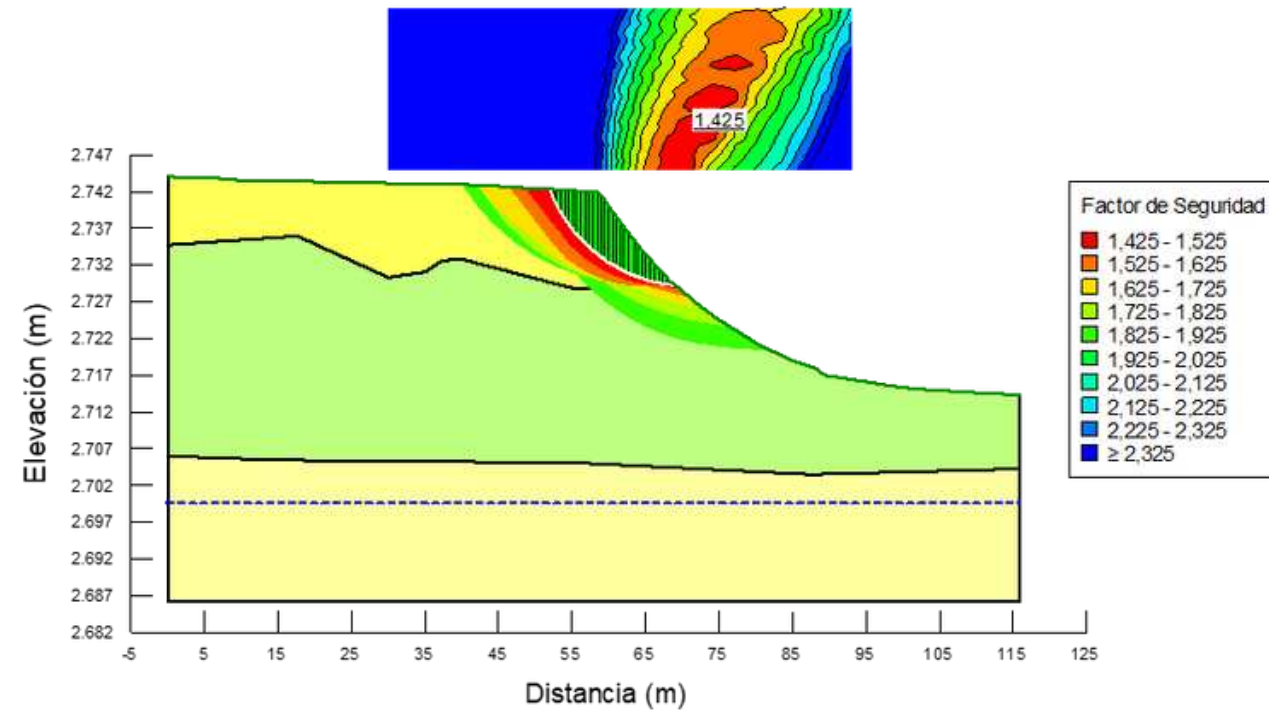


Análisis Pseudo-estático Bishop FS=0,966

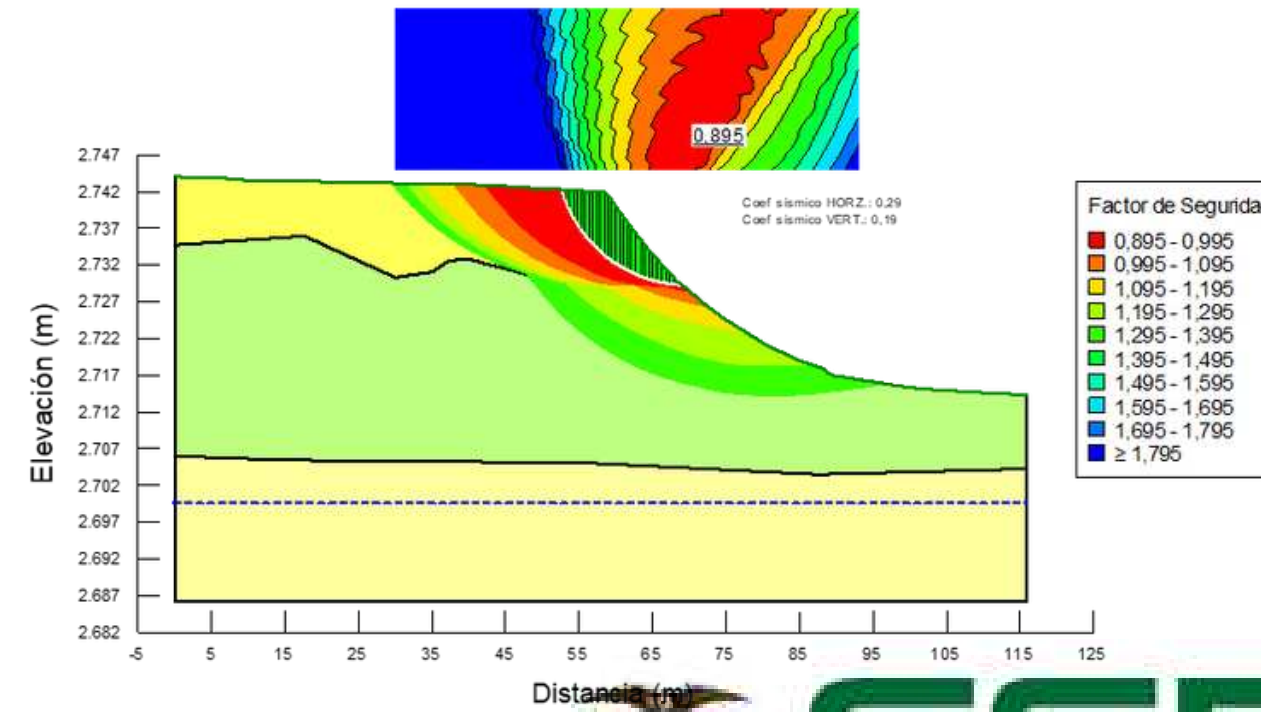


## Janbu Perfil-3

Análisis Estático Janbu FS=1,425



Análisis Pseudo-estático Janbu FS=0,895

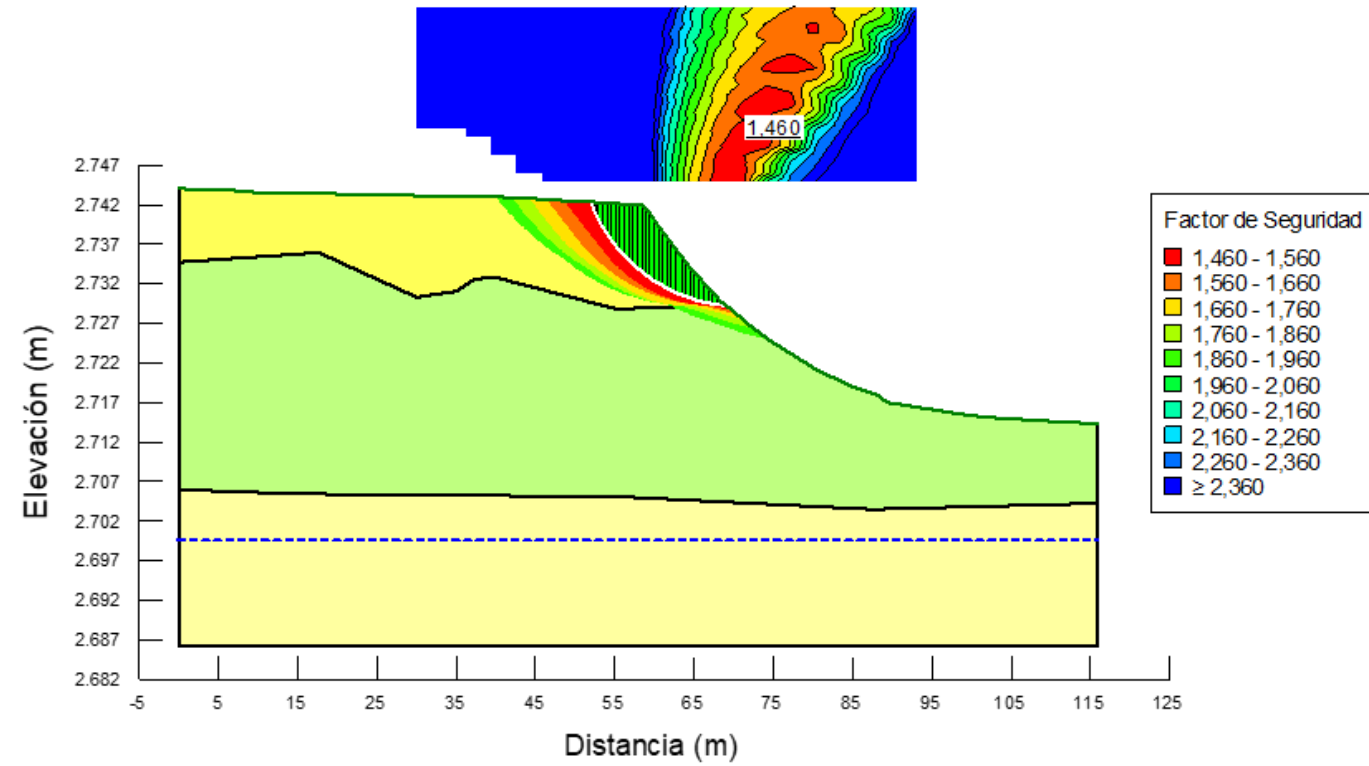


# Resultados de Análisis GeoSlope Perfil 3

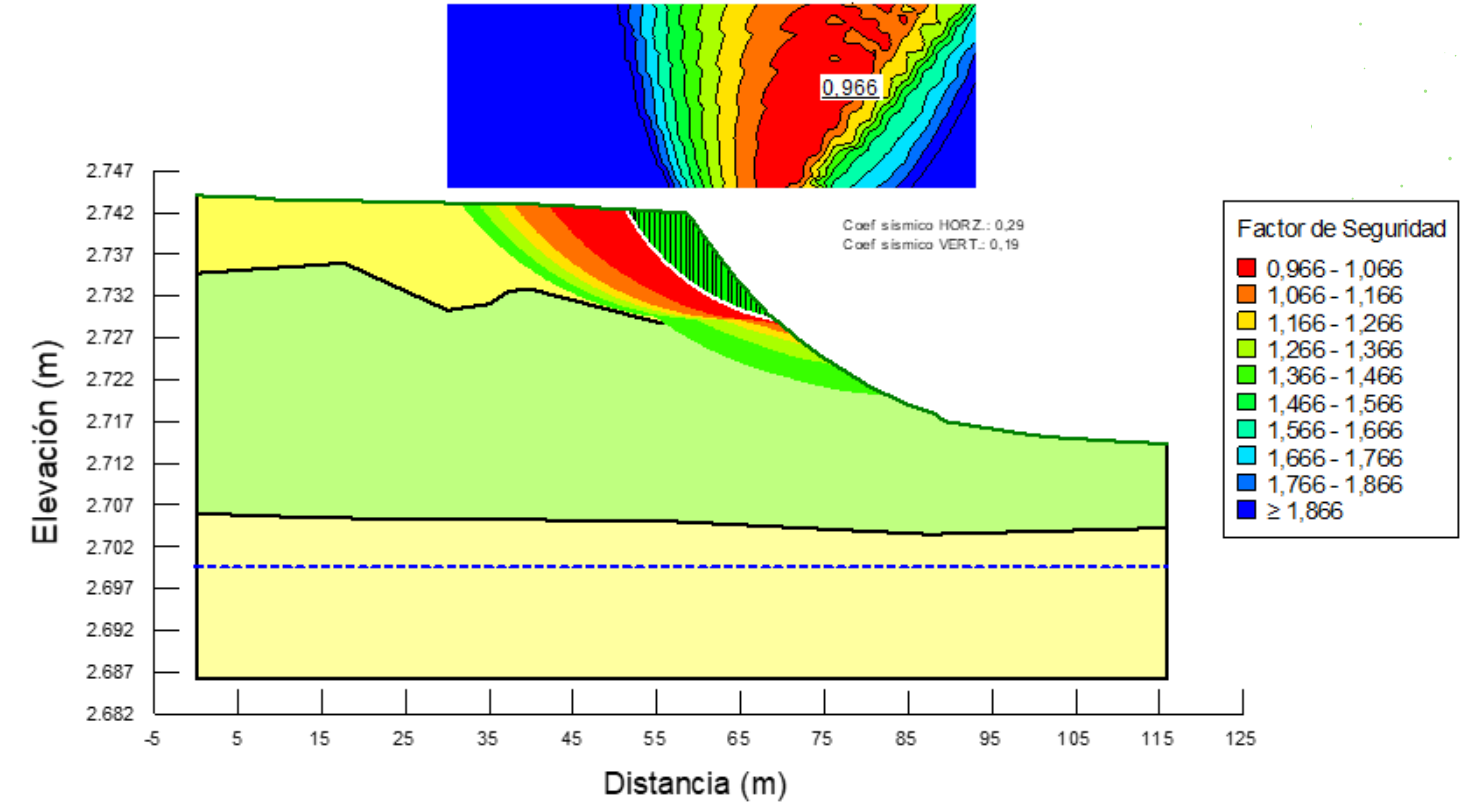


## Morgenstern & Price - Perfil 3

Análisis Estático Morgenstern-Price FS=1,460



Análisis Pseudo-estático Morgenstern & Price FS=0,966



## Resumen Resultados Perfil-3.

	Bishop	Janbu	Morgenstern & Price
Condición estática	1,462	1,425	1,46
Condición Pseudo-estática	0,966	0,895	0,966





# Discusión Plaxis 2D



Factor de Seguridad Manual de estabilidad de USACE.

Factor mínimo de Estabilidad de taludes			
Tipos de suelo	Para Fin de Construcción	Estabilidad a largo plazo	Retiro rápido
Taludes, presas, diques y diques, y otros terraplenes y excavaciones taludes	1,3	1,5	1,0-1,2

Nota. Tomado de (Duncan, Wright, & Brandon, 2014).

Condición	Fs corte Mínimo	
Carga + Carga muerta Nominal	1,5	1,25
Carga + Carga muerta Máxima	1,25	1,1
Carga muerta + carga viva nominal + sismo de diseño pseudo-estático	1,1	1,00*
Taludes-condición estática y agua subterránea normal	1,5	1,25
Taludes- condición pseudo-estática con agua subterránea y coeficiente sísmico de diseño	1,05	1,00*

Fuente: NEC-SE-GC, 2015

	Deformación (m)	Factor de Seguridad
<b>Perfil 1</b>	0,0208	1,712
<b>Perfil 2</b>	0,0173	1,462
<b>Perfil 3</b>	0,0329	1,39



# Discusión de Resultados GeoSlope

## GeoSlope

Perfil - 1			
Método de Análisis	Condición estática	Condición Pseudo-estática	Observación
Bishop	1,857	1,182	Estable
Janbu	1,804	1,104	Estable
Morgenstern & Price	1,854	1,182	Estable

Perfil - 2			
Método de Análisis	Condición estática	Condición Pseudo-estática	Observación
Bishop	1,57	1,04	Inestabilidad condición pseudo-estática
Janbu	1,578	0,993	Inestabilidad condición pseudo-estática
Morgenstern & Price	1,598	1,077	Estable

Perfil - 3			
Método de Análisis	Condición estática	Condición Pseudo-estática	Observación
Bishop	1,462	0,966	Inestabilidad condición estática y pseudo-estática
Janbu	1,425	0,895	Inestabilidad condición estática y pseudo-estática
Morgenstern & Price	1,46	0,966	Inestabilidad condición estática y pseudo-estática

## Factores de seguridad por corte mínimo

Condición	Fs corte Mínimo	
Carga + Carga muerta Nominal	1,5	1,25
Carga + Carga muerta Máxima	1,25	1,1
Carga muerta + carga viva nominal + sismo de diseño pseudo-estático	1,1	1,00*
Taludes-condición estática y agua subterránea normal	1,5	1,25
Taludes- condición pseudo-estática con agua subterránea y coeficiente sísmico de	1,05	1,00*

Nota. Tomado de (NEC-SE-GC, 2015)

- La Carga Viva Nominal, se considera un factor de reducción por simultaneidad de la carga viva.
- La Carga Viva Máxima no se considera un factor de reducción.
- (\*) La demanda sísmica para los análisis pseudo-estáticos será del 60% de la aceleración máxima en el terreno:



# Propuesta de mitigación para controlar la erosión del Talud y su estabilidad



Utilización de hiedra para estabilidad de Talud carretera panamericana E20.

Las medidas de corrección tienen los os siguientes fines:

- Eliminar problemas de deslizamientos de rocas o material superficial.
- Evitar o reducir la erosión y meteorización de la superficie del talud.
- Evitar roturas superficiales (grietas) (Ayala Carcedo , 1987).

La propuesta para la estabilidad del talud de estudio se basa en la revegetación con plantas herbáceas que funcionan como tapizantes y cubre suelos, en este caso se ha decidido plantear la siembra de Hedera Helix (Hiedra) en el cuerpo del talud



# Propuesta de mitigación para controlar la erosión del Talud y su estabilidad



## Canales con revestimiento de geomembrana

Grietas y deformaciones en la corona del talud.



Nota. Fuente Propia

Revestimiento de canal con geomembrana



Nota. Tomado de (TechnoFlow, 2022)

## Diseño

$$Q = \frac{CIA}{3600}$$

Donde:

Q: Caudal en litros/segundo.

C: Coeficiente de escorrentía, dependerá de los materiales que constituyen el área de drenaje.

I: Intensidad de precipitación en mm/h.

A: Área de aportación en m<sup>2</sup>.

De acuerdo al Departamento de Alcantarillado y Agua Potable de Rumiñahui DAPAC-R, en donde la intensidad de lluvia se calcula en función de la siguiente correlación. Además se considero tiempo de concentración  $t=12$  minutos según DAPAC-R

$$I = 212 \times T^{0,123} \times t^{-0,470} = 80,37 \text{ mm/h}$$

Como parte complementaria a la propuesta de mitigación se recomienda la implementación de canales con geomembrana que permitan la conducción del caudal pluvial.



# Propuesta de mitigación para controlar la erosión del Talud y su estabilidad



## Coefficientes de escorrentía

Valores de C para diversos tipos de superficie	
Cubierta metálica o teja vidriada	0,95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0,90
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0,85 a 0,9
Pavimentos de hormigón	0,80 a 0,85
Empedrados (juntas pequeñas)	0,75 a 0,80
Empedrados (juntas ordinarias)	0,40 a 0,50
Pavimentos de macadam	0,25 a 0,60
Superficies no pavimentadas	0,1 a 0,3
Parques y jardines	0,05 a 0,25

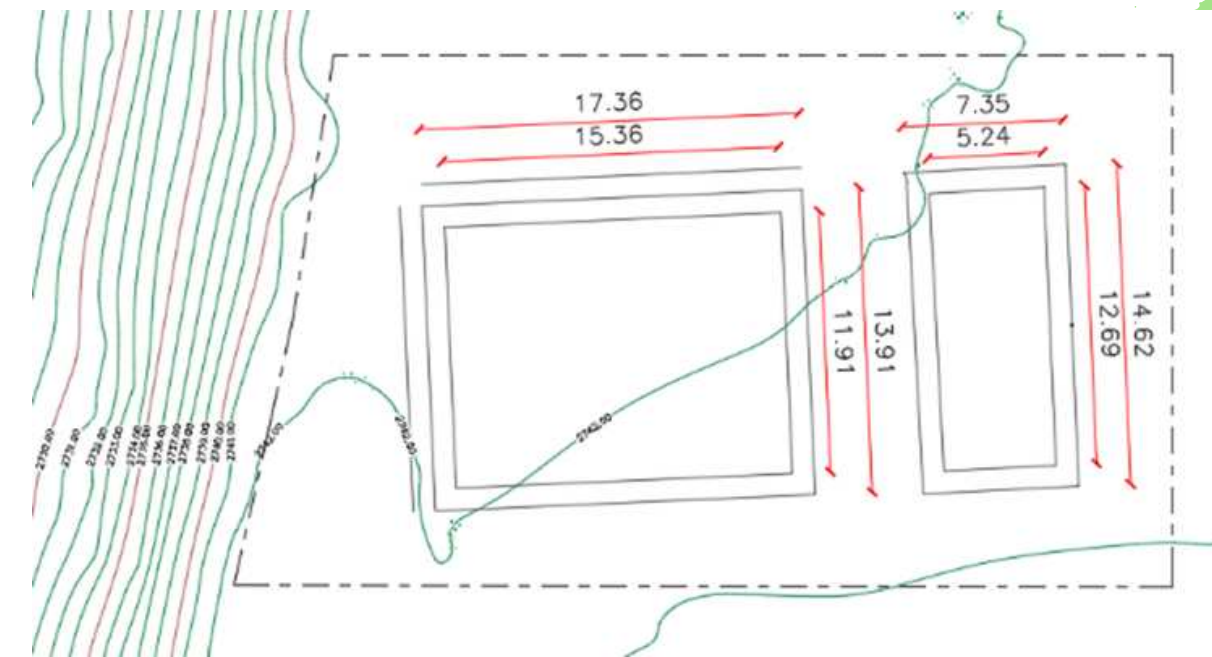
Nota. Tomado de (SENAGUA, 1992)

## Coefficiente de escorrentía promedio

Tipo de Superficie	C	Área (m <sup>2</sup> )	AXC
Cubierta Eternit	0,90	249,43	224,49
Área verde	0,15	727,92	109,19
	Σ =	977,35	333,68

$$C = \frac{\sum AC}{A} = 0,34$$

## Área de precipitación



$$Q = \frac{CIA}{3600} = \frac{(0,34)(80,37)(977,35)}{3600} = 7,45 \text{ L/s}$$

Velocidades medias máximas admisibles del agua en canales

Canales revestidos	Velocidad media máxima admisible (m/s)
Hormigón de cemento moldeado a pie de obra	2,5
Hormigón de cemento prefabricado	2
Bloques de cemento	1,6
Ladrillos	1,4-1,6
Membrana de plástico sumergida	0,6-0,9

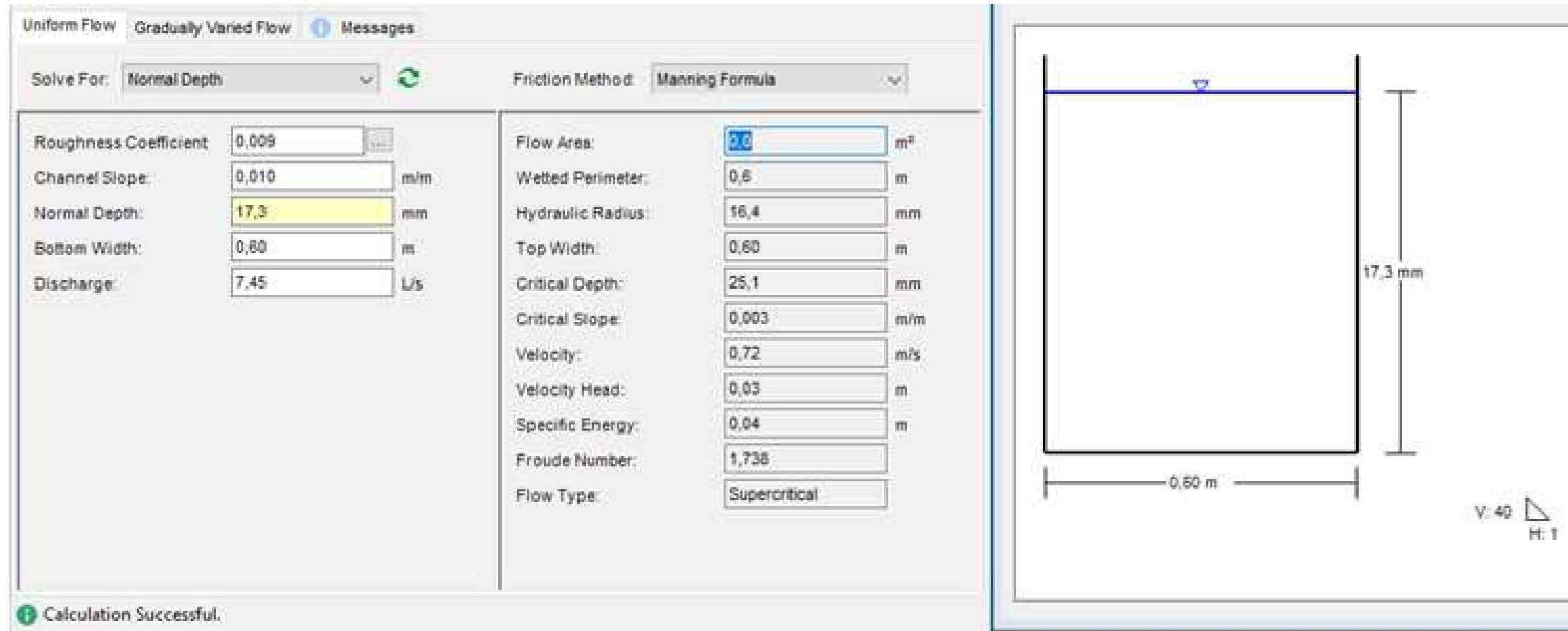
Nota. Tomado de (FAO, 2022)



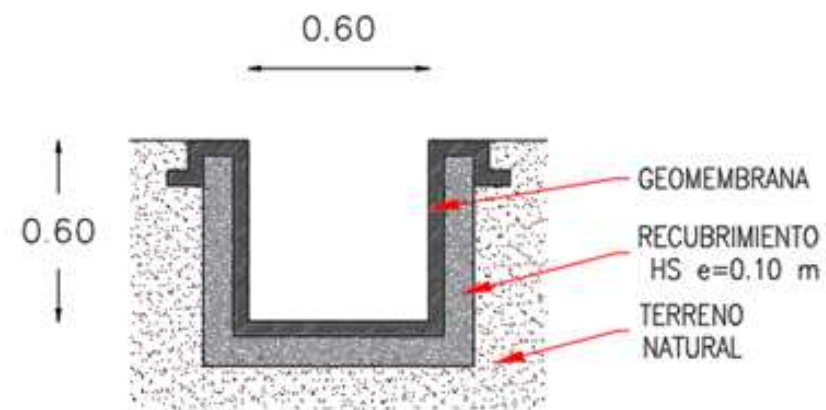
# Propuesta de mitigación para controlar la erosión del Talud y su estabilidad



## Modelamiento del canal en FlowMaster



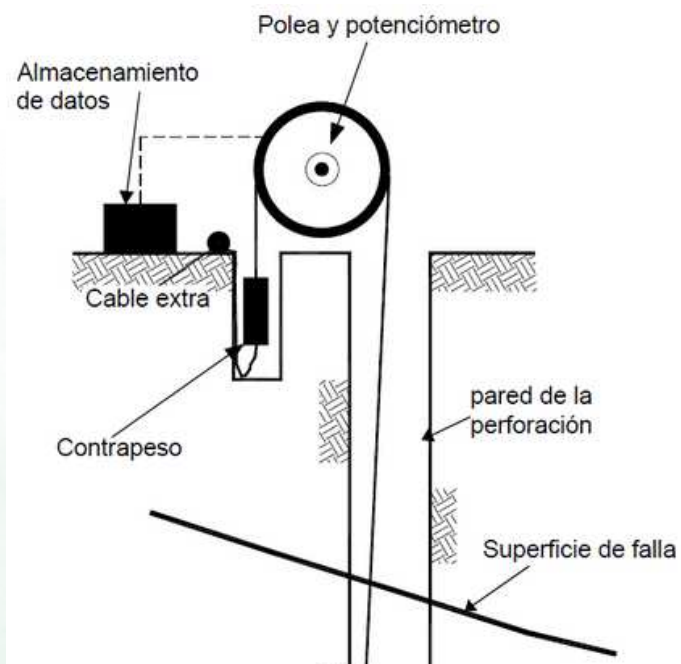
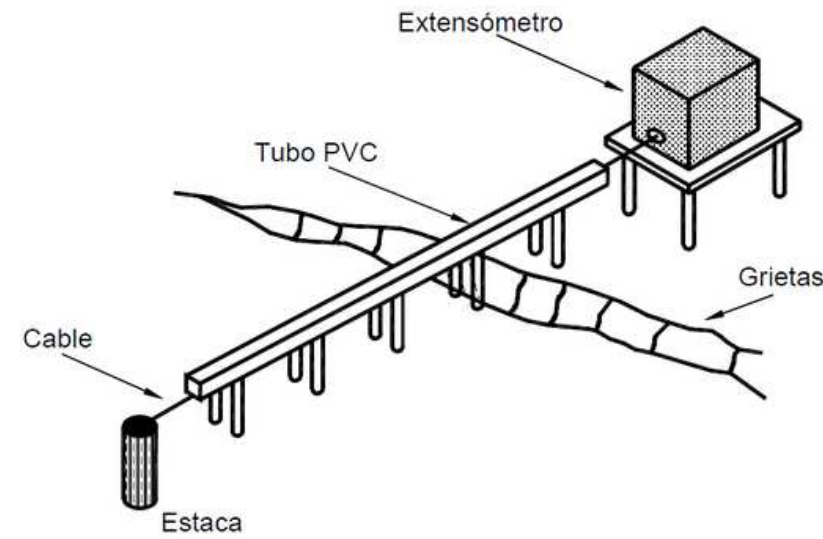
## Sección Canal con revestimiento de geomembrana



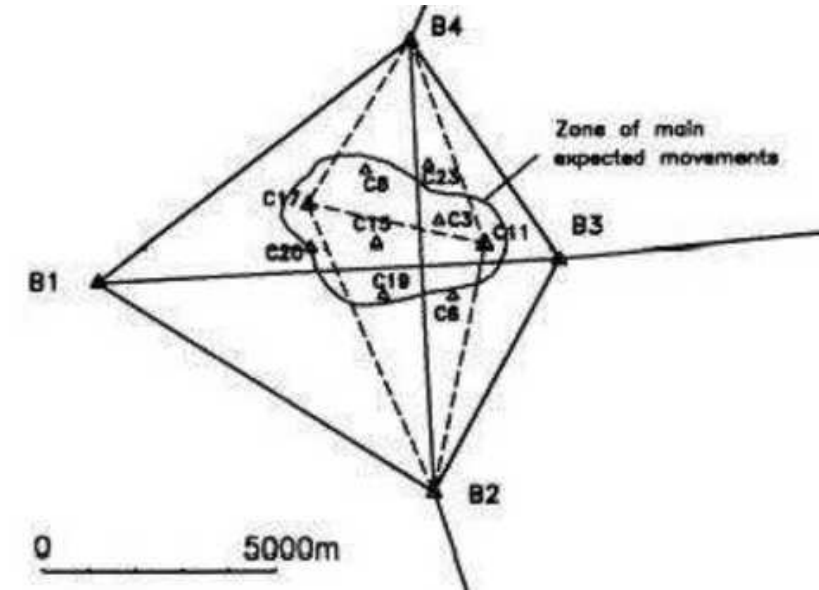


## Instrumentación para el control de taludes

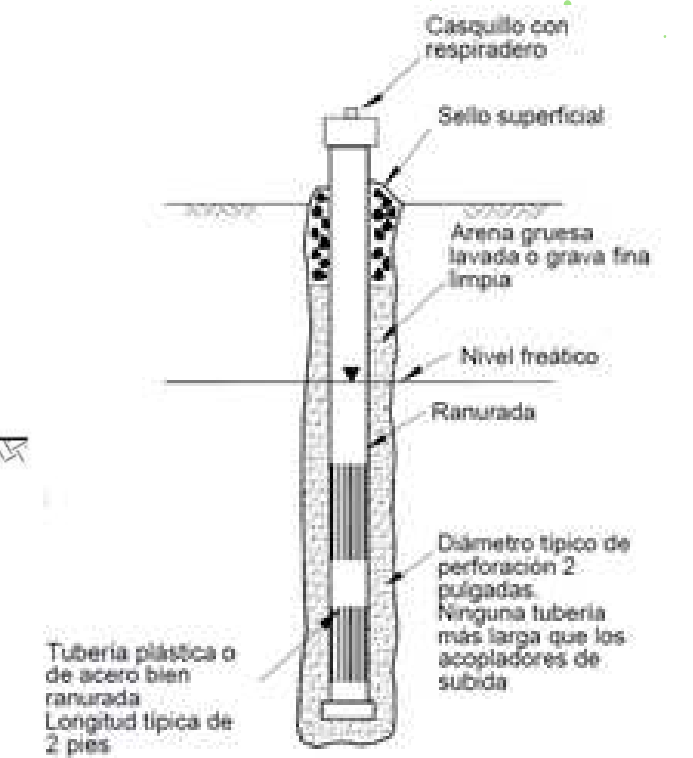
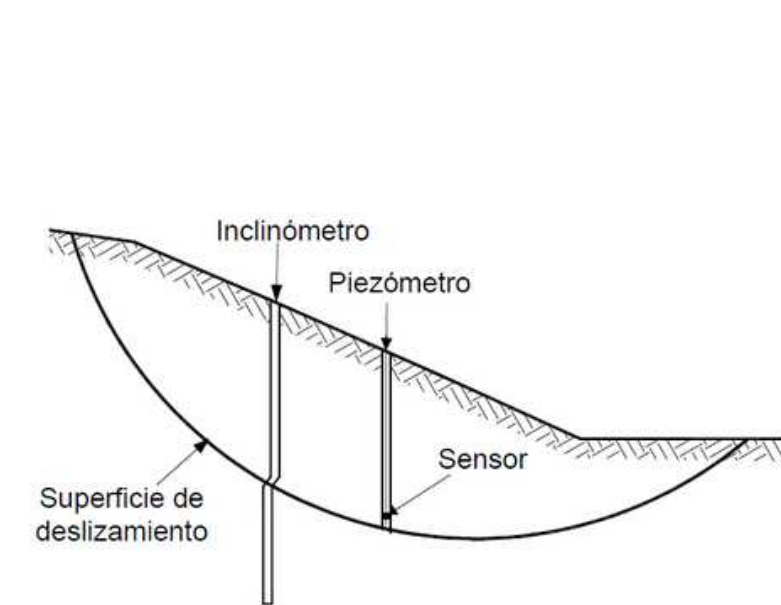
### Extensómetros



### Control topográfico



### Inclinómetros y piezómetros





## Transductores



### Definición

Convierten las magnitudes físicas captadas (temperatura, posición, peso, deformación, par de fuerzas, velocidad, etc.) en magnitudes eléctricas, es decir, es un dispositivo capaz de transformar una magnitud física en una magnitud eléctrica.



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

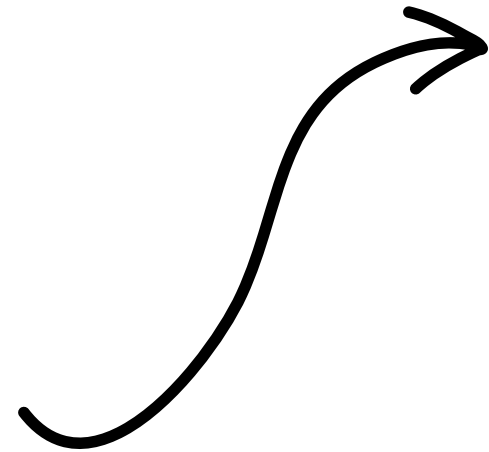






## Transductores de presión

- Medición
- Monitoreo
- Control de la presión



Tipos de transductores, dependiendo de sus características estructurales u operativas

- Directos
- Indirectos

## Función

Envía señal eléctrica de salida a largas distancias en función de la presión detectada.

Tipos de Transductores dependiendo del sensor.

- Sensores Resistivos
- Sensores Piezorresistivos
- Sensores Piezoeléctricos
- Sensores Capacitivos

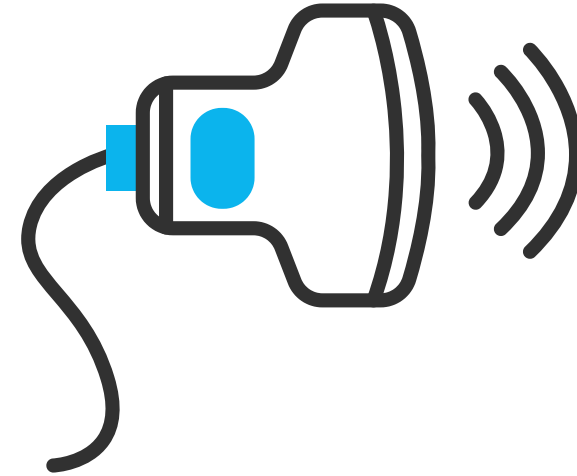


# MARCO TEÓRICO



## Transductores de fuerza

- Los Dinanómetros miden valores instantaneos de fuerza



Tipos de Transductores dependiendo del sensor.

### Función

Registra una señal específica y convertirla en cambios de fuerza en "Newton".

Son diseñados para medir las fuerzas de compresión y tracción

- Sensores Piezoeléctricos
- Sensores de galgas extensométricas



# MARCO TEÓRICO



## Transductores de humedad

-Verifica las mediciones de aire, temperatura y humedad del suelo.

### Función

Mejorar decisiones en un futuro en los trabajos proyectados de la construcción por la determinación del nivel freático proporcionado en el terreno.



Tipos de Transductores dependiendo del sensor y sus parametros utilizados.

- Sensores capacitivo
- Sensores resistivo





## Acelerómetros

-Herramienta para medir y analizar la aceleración lineal y angular

### Función

-Determina el ángulo de desviación del cuerpo medido de la vertical.  
-Mediciones de aceleración dinámica debido a golpes, movimientos ovibraciones.

Se utiliza para diagnosticar estructuras sometidas a altos esfuerzos, como en estructuras de acero, puentes o estructuras de edificios.

En el mercado existe tres tipos de acelerómetros los cuales son:

- acelerómetros capacitivos MEMS.
- acelerómetros piezoeléctricos
- acelerómetros piezorresistivos.





## Giroscopio

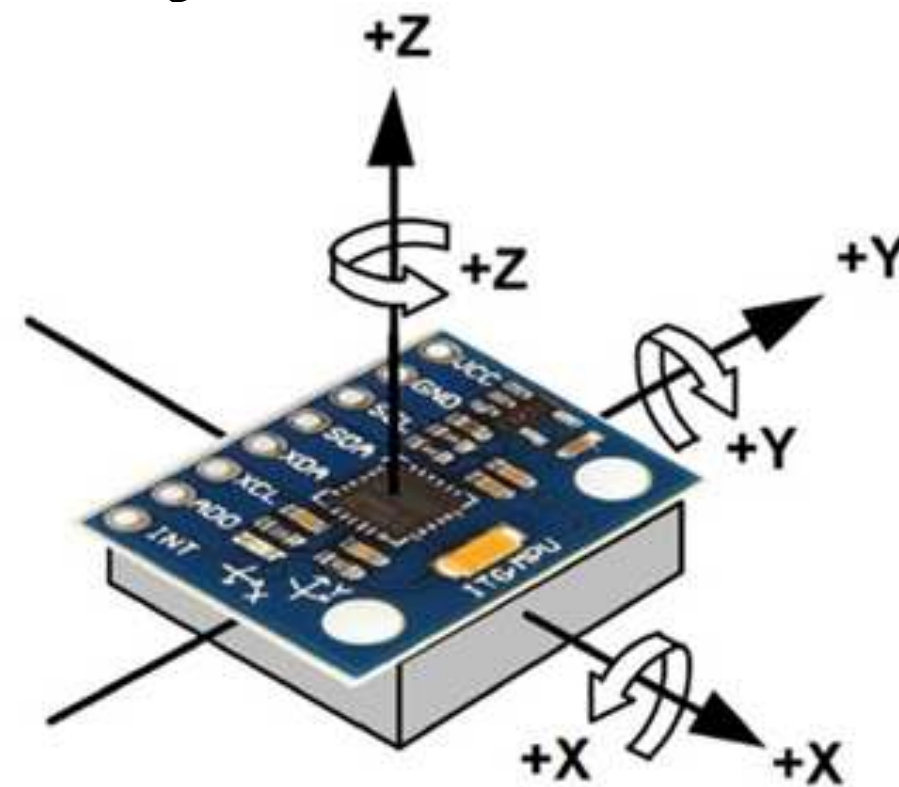
- Detectan la velocidad angular.
- Ayuda a determinar la dirección.

## Función

-consta de un disco que, rota libremente, llamado rotor, montado en un eje giratorio en el centro de una rueda más grande y estable.

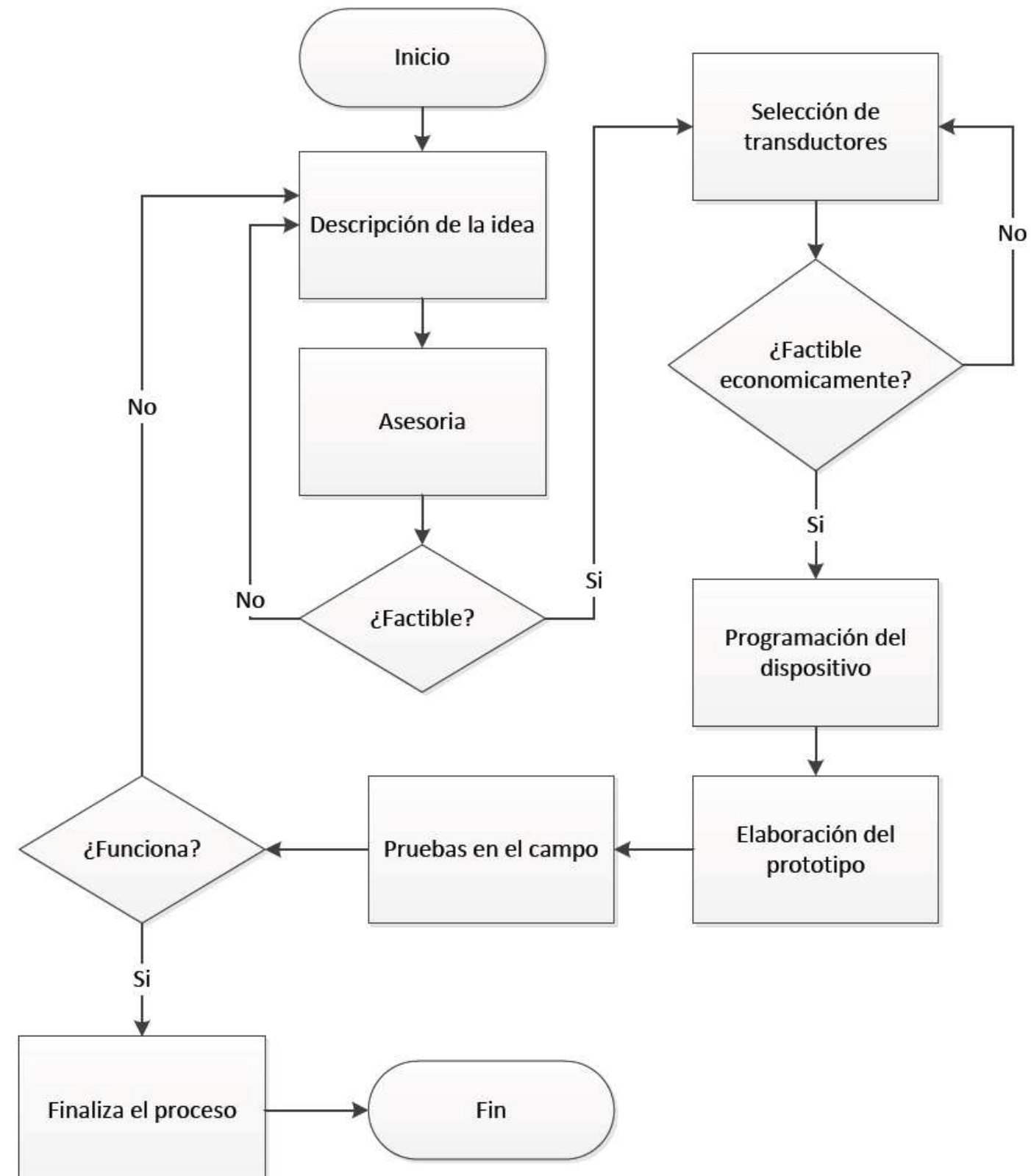
En el mercado existe tres tipos de giroscopios los cuales son:

- giroscopio rotativos.
- giroscopio de estructura vibratoria
- giroscopio ópticos.





# Propuesta para el monitoreo de taludes





# Selección de transductores

Humedad

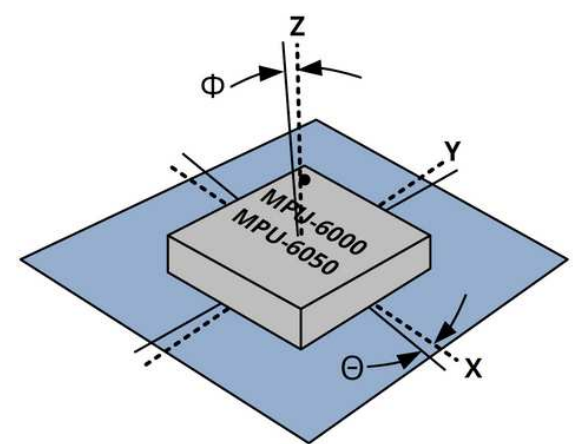
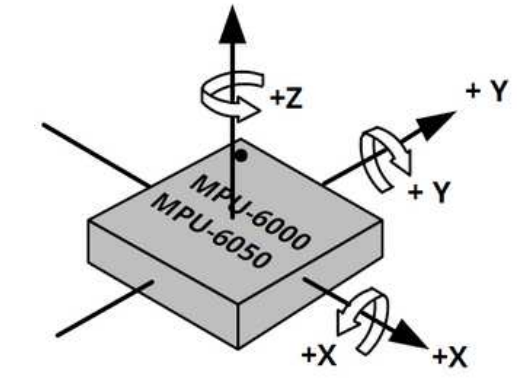
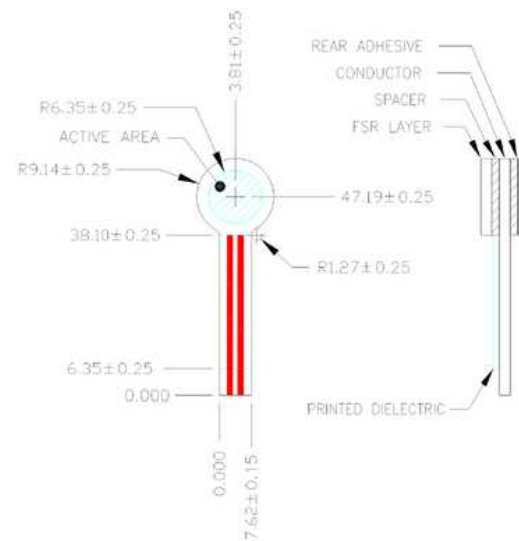
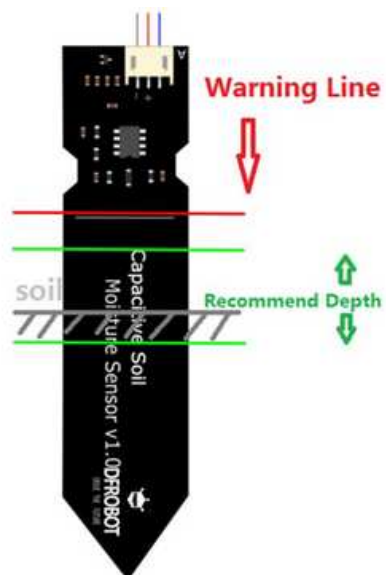
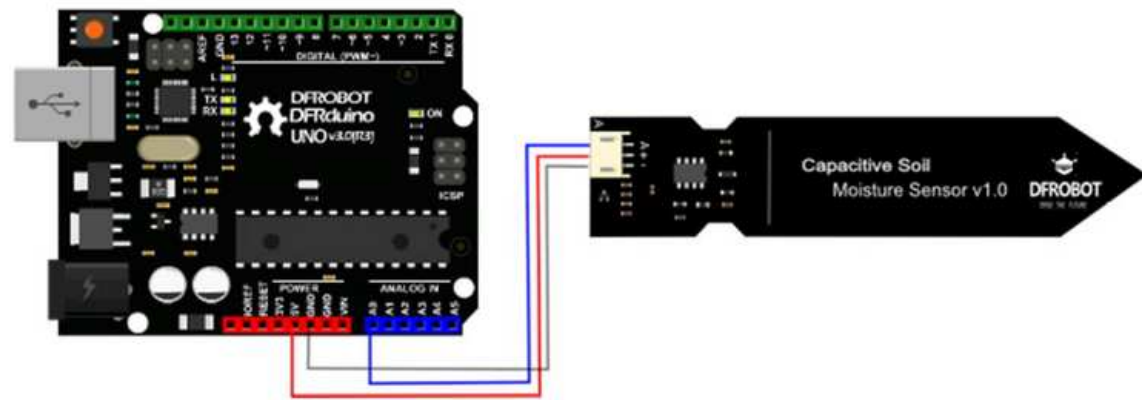
Capacitive Soil Moisture Sensor  
SKU:SEN0193  
FSR 402

Fuerza

FSR 402

Movimientos (Desplazamientos y giros)

MPU-6000/MPU-6050



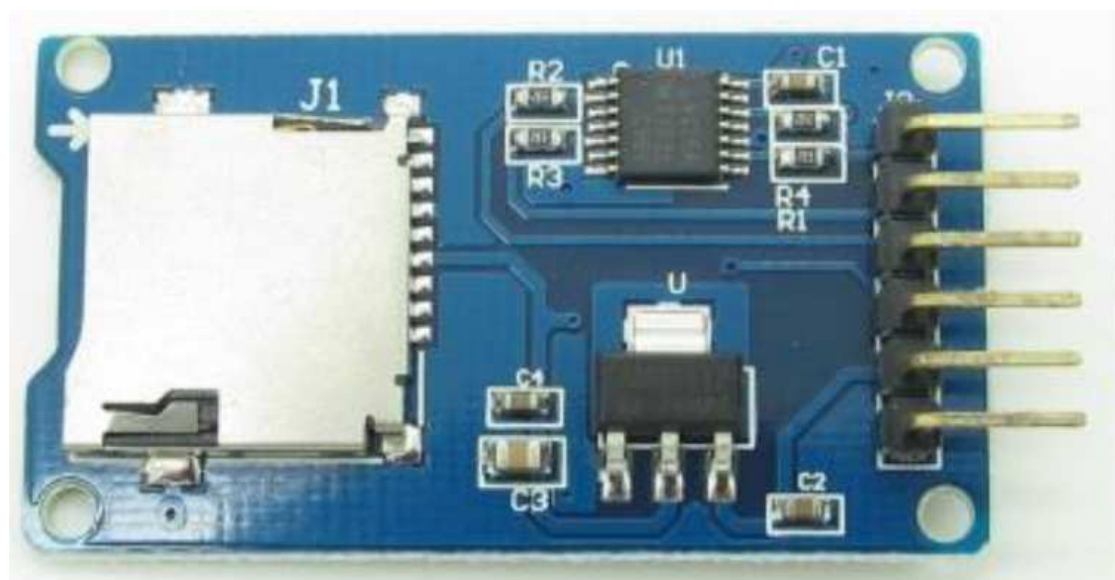


## Recopilación de datos

### Módulo lector de adaptador de tarjeta Micro SDHC

Tarjeta digital Micro SDHC extraíble para recopilar información digital obtenidos en campo por los transductores.

Lee y escribe a través del sistema de archivos y el controlador de interfaz SPI (serial sincrónico de comunicación entre dispositivos a corta distancia).



### Módulo RTC DS1302, Reloj de tiempo real

Este módulo contiene un reloj/calendario en tiempo real y 31 Bytes de RAM estática.

Modo de 24 o 12 horas con indicador AM/PM y puede soportar una temperatura de 0° a 70°C.

Dimensiones de (10 x 6,4 mm).



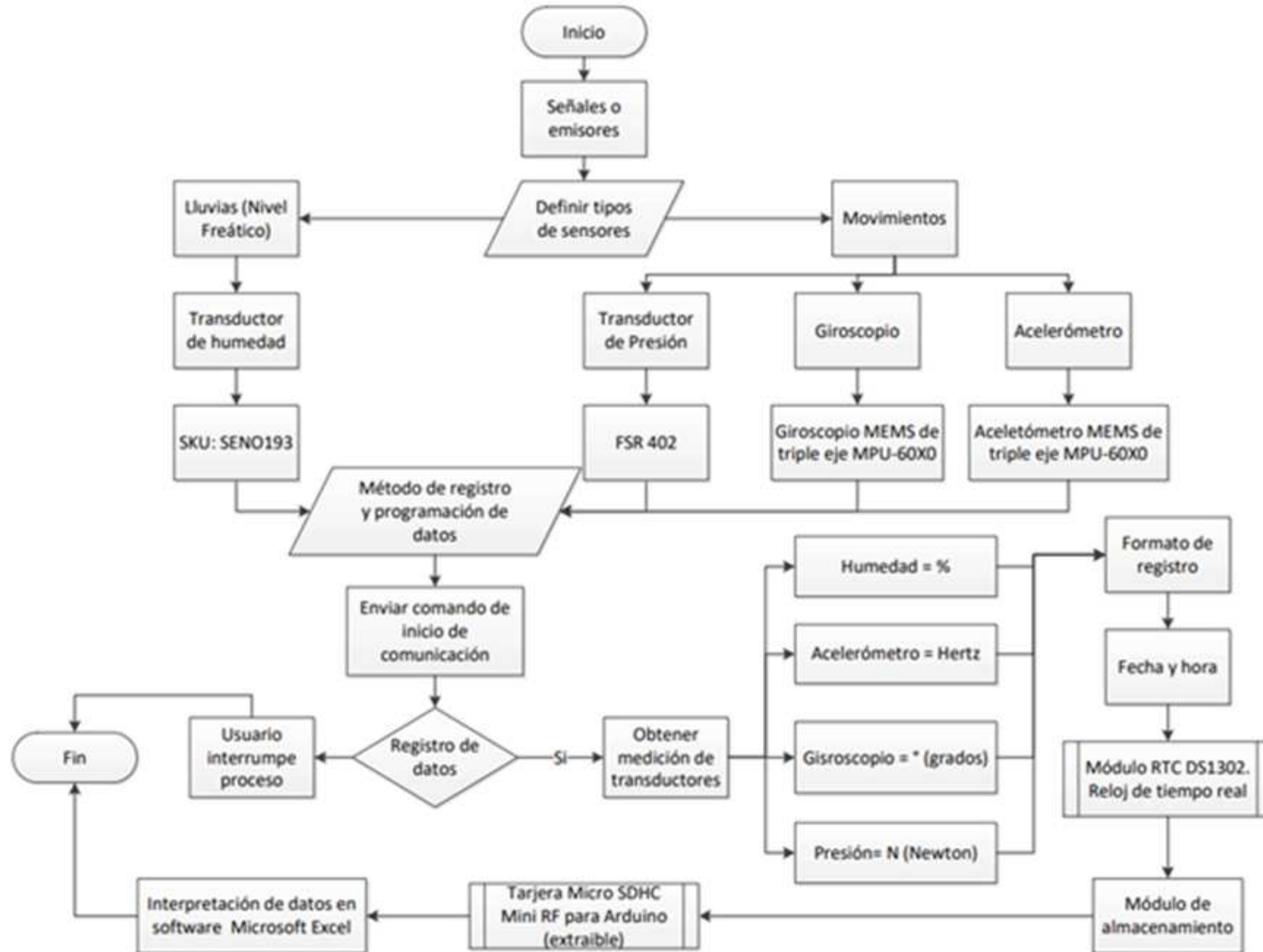
**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# Flujograma del funcionamiento de los componentes del prototipo propuesto de monitoreo



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



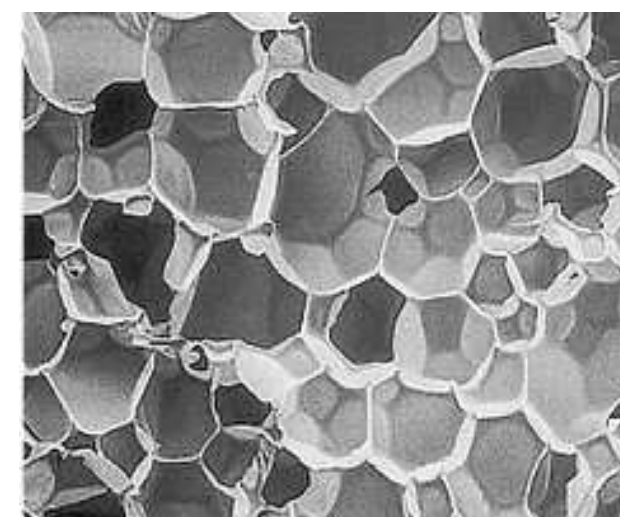
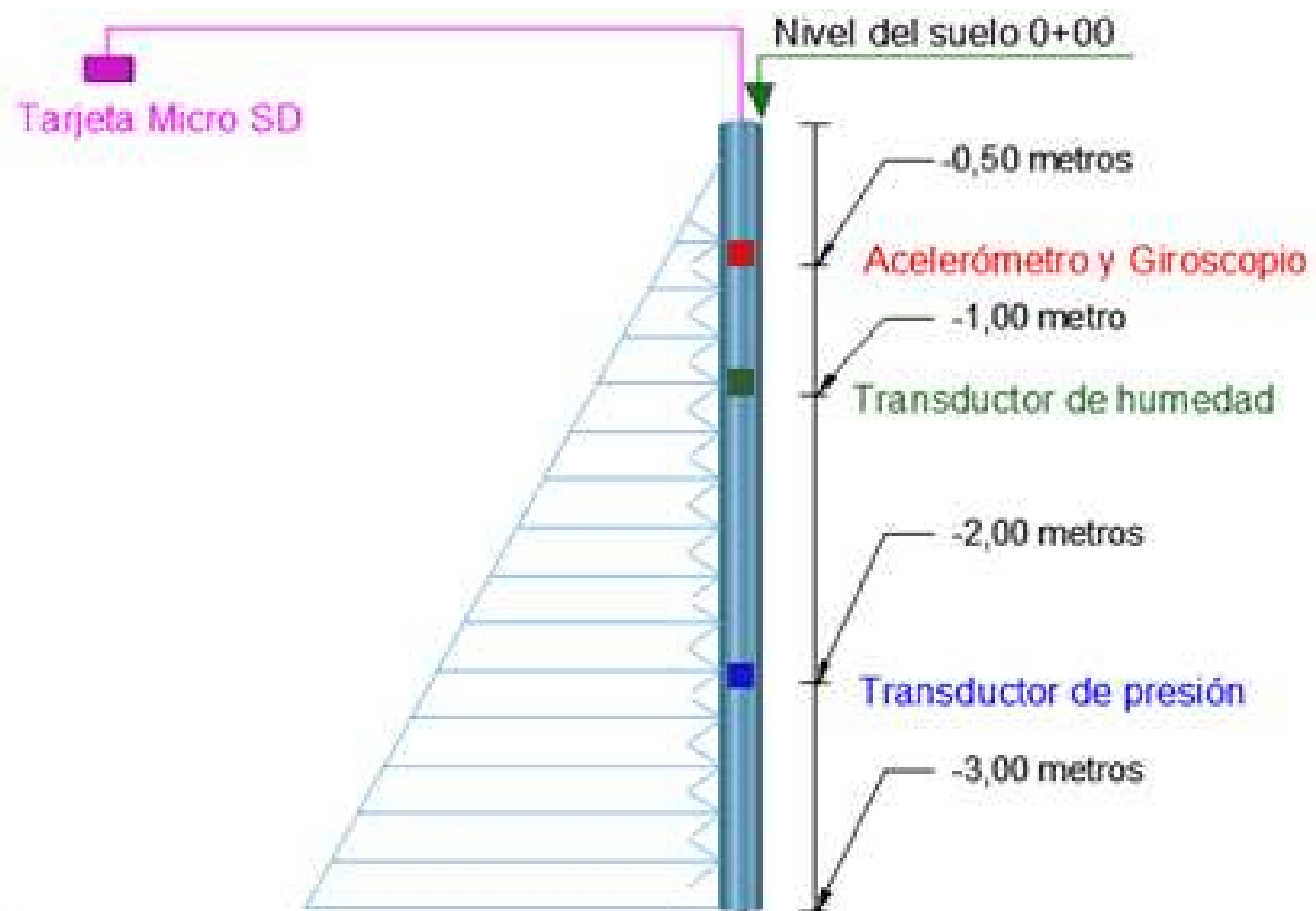


# Propuesta para el cuerpo del prototipo

Espuma rígida de poliuretano

POLIOL e ISOCIANATO.

Propiedades termoplásticas, termoestables o elastoméricas.



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# Propuesta para la ubicación del prototipo

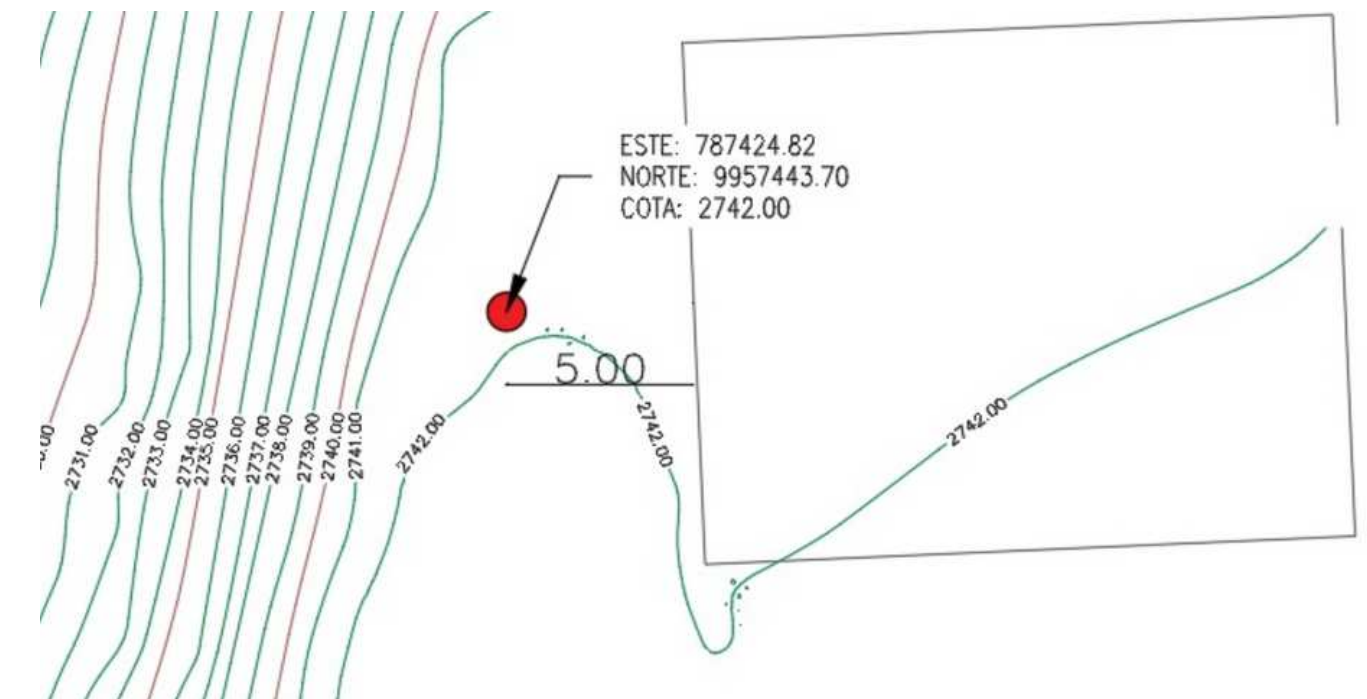


Establecer un punto en la corona del talud.

Evidencia de grietas en el sector.

Presencia de estructuras civiles que provocan sobrecarga.

Evidencia de inclinación en la vegetación



# Costos estimados de propuesta de instrumentación y monitoreo de taludes



Presupuestos de la parte electrónica y programación de la instrumentación

**Presupuesto  
referencial del  
prototipo mediante  
cable de fuente de  
alimentación para  
arduino**

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
001	Mano de obra	unidad	1,00	\$185,00	\$185,00
002	Placa microcontrolador	unidad	1,00	\$13,39	\$13,39
003	Sensor de humedad	unidad	1,00	\$7,59	\$7,59
004	Sensor de fuerza	unidad	1,00	\$16,07	\$16,07
005	Sensor acelerómetro analógico	unidad	1,00	\$5,80	\$5,80
006	Sensor giroscopio	unidad	1,00	\$6,70	\$6,70
007	Módulo de reloj	unidad	1,00	\$4,02	\$4,02
008	Módulo micro SD	unidad	1,00	\$4,46	\$4,46
009	SD clase 10	unidad	1,00	\$14,29	\$14,29
010	Fuente de alimentación para arduino	unidad	1,00	\$7,14	\$7,14
011	Diseño de placa PCB	unidad	1,00	\$19,64	\$19,64
012	Cableado 10 m	unidad	1,00	\$21,43	\$21,43
013	Fabricación placa PCB + soldado	unidad	1,00	\$14,29	\$14,29
				<b>TOTAL</b>	<b>\$319,82</b>
				<b>IVA 12 %</b>	<b>\$38,38</b>
				<b>COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO</b>	<b>\$358,20</b>

Nota. Los valores realizados en la tabla son tomados de (Cadena, 2022)



# Costos estimados de propuesta de instrumentación y monitoreo de taludes



TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS

ITEM	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
001	Mano de obra	unidad	1,00	\$185,00	\$185,00
002	Placa microcontrolador	unidad	1,00	\$13,39	\$13,39
003	Sensor de humedad	unidad	1,00	\$7,59	\$7,59
004	Sensor de fuerza	unidad	1,00	\$16,07	\$16,07
005	Sensor acelerómetro analógico	unidad	1,00	\$5,80	\$5,80
006	Sensor giroscopio	unidad	1,00	\$6,70	\$6,70
007	Módulo de reloj	unidad	1,00	\$4,02	\$4,02
008	Módulo micro SD	unidad	1,00	\$4,46	\$4,46
009	SD clase 10	unidad	1,00	\$14,29	\$14,29
010	Batería recargable de litio	unidad	1,00	\$10,71	\$10,71
011	Módulo regulador de voltaje Step Up	unidad	1,00	\$4,02	\$4,02
012	Módulo de carga de batería	unidad	1,00	\$4,02	\$4,02
013	Diseño de placa PCB	unidad	1,00	\$19,64	\$19,64
014	Cableado 10 m	unidad	1,00	\$21,43	\$21,43
015	Fabricación placa PCB + Soldado	unidad	1,00	\$14,29	\$14,29
				<b>TOTAL</b>	<b>\$331,43</b>
				<b>IVA 12 %</b>	<b>\$39,77</b>
				<b>COSTO TOTAL DEL</b>	<b>\$371,20</b>
				<b>PROTOTIPO</b>	

Nota. Los valores realizados en la tabla son tomados de (Cadena, 2022)

**Presupuesto referencial del prototipo mediante una batería recargable de litio**



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# Costos estimados de propuesta de instrumentación y monitoreo de taludes



Presupuestos del cuerpo del prototipo

**Presupuesto referencial del cuerpo del prototipo (material de poliuretano)**

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
001	Isocianato (Componente A) Ecuaf foam I-1402 / Caneca 20 kg - Formulado de bayer - 1 caneca	Kg	20,00	\$6,18	\$123,60
002	Poliol (Componente B) Ecuaf foam I-1402 / Caneca 20 kg - Formulado de bayer - 1 caneca	kg	20,00	\$6,18	\$123,60
<b>TOTAL</b>					<b>\$247,20</b>
<b>IVA 12 %</b>					<b>\$29,66</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO</b>					<b>\$276,86</b>

Nota. Los valores realizados en la tabla son tomados de (Balderramos, 2022)



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# Costos estimados de propuesta de instrumentación y monitoreo de taludes



**Presupuesto  
referencial del  
cuerpo del  
prototipo (material  
de PVC)**

TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
001	TUBO PVC DESAGUE 110MMX3MT REFORZA PLAST	unidad	1,00	\$13,99	\$13,99
002	Varios	-	-	\$15,00	\$15,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$28,99</b>
				<b>IVA 12 %</b>	<b>\$3,48</b>
				<b>COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO</b>	<b>\$32,47</b>

Nota. Autoría propia.



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# Costos estimados de propuesta de instrumentación y monitoreo de taludes



Presupuestos de costos para monitoreo

**TABLA DE CANTIDADES Y PRECIOS**

**Presupuesto  
referencial del  
monitoreo**

ITEM	DESCRIPCION DEL RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
001	Transporte (ida y vuelta)	día	2,00	\$10,00	\$20,00
002	Asesoría profesional	hora	2,00	\$15,00	\$30,00
003	Recopilación de monitoreo de datos	día	1,00	\$10,00	\$10,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$60,00</b>
				<b>IVA 12 %</b>	<b>\$7,20</b>
				<b>COSTO TOTAL DEL MONITOREO</b>	<b>\$67,20</b>

Nota. Autoría propia.



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





# Costos estimados de propuesta de instrumentación y monitoreo de taludes



Presupuestos de costos definitiva

- Se define el material de PVC como cuerpo del prototipo siendo de mayor accesibilidad económica.
- Conectado con un cable como fuente de energía hacia un toma corriente.
- Incluye mano de obra.

**Presupuesto de costo total (incluye suministro e instalación)**

TABLA DE RESUMEN PRECIOS	
DESCRIPCION DE LAS PROPUESTAS	PRECIO TOTAL
Primera propuesta de costos	\$358,20
Propuesta de costos del cuerpo de prototipo (material de PVC)	\$32,47
Propuesta de costos para monitoreo	\$67,20
<b>Total, de instrumentación y monitoreo</b>	<b>\$457,87</b>

Nota. Autoría propia.

El precio para la propuesta del control y monitoreo será de \$ 457,87 incluyendo el IVA



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

